SULLE

FERROVIE ECONOMICHE

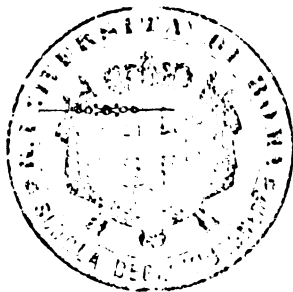
RELAZIONE SECONDA

AL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DEL COMMENDATORE

FELICE BIGLIA

ISPETTORE NEL GENIO CIVILE
ED ISPETTORE DELL' ESERCIZIO DELLE FERROVIE DEL REGNO

PUBBLICATA PER CURA DEL MINISTERO STESSO

FIRENZE
TIPOGRAFIA E LITOGRAFIA DEL GIORNALE DEL GENIO CIVILE
Via della Vigna Nuova N. 26.

Mi sono proposto di riunire nella presente relazione le informazioni che da due anni in qua ho avuto occasione di raccogliere sulle ferrovie a binario ristretto e su quelle ad esercizio speciale, le quali formano l'ultima categoria delle ferrovie economiche.

Anche una semplice esposizione di fatti e cifre, che procurerò di commentare secondo gli ordinarii criterii dell'arte, parmi possa avere un utile risultato, specialmente in questi tempi in cui molto si parla e si scrive ma poco ancora si è fatto presso di noi in quel genere di lavori. Sembra a me che si renda ora più che mai necessario che la questione venga esposta sotto il suo vero aspetto. Si approfitti pure di tutti i vantaggi che possono presentare le innovazioni escogitate per rendere più generale l'uso delle ferrovie; ma non si perda di vista che nulla è più esiziale a questo scopo delle esagerazioni e delle illusioni, di cui pur troppo non vanno esenti molti dei progetti che ogni giorno vedono la luce su questa materia, perchè ispirati da pubblicazioni parziali od incomplete, che sono talvolta, anzi non di rado, messe fuori nell'unico intento di fare il panegirico di questa o quella linea, o procacciare aderenti e lucro a questo od a quell'autore di novità. Questi progetti o rimangono ineseguiti perchè non vi si presta fede, o se si eseguiscono se ne hanno funesti risultati, ed in ambo i casi si scredita il principio e si ritardano quelle applicazioni che pur potrebbero farsi molto utilmente.

E qui devo porgere un'avvertenza ed una preghiera a coloro che hanno la pazienza di leggere le mie pagine, e specialmente a quelli che mi fanno l'onore di citarmi; ed è che nelle mie relazioni convien distinguere la parte espositiva dalla parte critica e dalle conclusioni ; ed anche nella parte espositiva vuolsi por mente

non alle sole cifre astratte, ma alle considerazioni che le accompagnano. Poichè, prefiggendomi lo scopo di somministrare a chi ne abbisogna dei dati che procuro di raccogliere e vagliare nel modo più preciso che per me si possa, onde servano di sicura base a chi debba trattare di questo argomento, mi duole vedermi non di rado, ed anche da persone distinte, frainteso con citazioni cd incomplete o fuor di proposito, nelle quali, per esempio, mentre uno mi fa dire che si possono esercitare ferrovie con L. 2000 al chilometro o poco più, un altro opina che io ho esagerato nello stabilire il limite minimo d' introito entro cui può tornar possibile che una ferrovia paghi le proprie spese, ed un terzo trova troppo elevate le spese minime di costruzione da me poste avanti, senza considerare : che le anzidette spese minime di esercizio si riferivano a linee nuove od esercitate con favori speciali ; che l'introito minimo presunto siccome occorrente ad una ferrovia per sussistere da sè si riferisce al sistema ordinario d'esercizio che ho descritto, cosicchè lo stesso introito potrà senza dubbio restringersi se, per esempio, uno si accontenti d'un treno al giorno o d'una velocità di 10 chilom. l'ora, o sostituisce alle locomotive i cavalli, od al ferro, come punto d'appoggio, il suolo naturale, od infine se si abbiano indirettamente altri favori ; che infine la stessa avvertenza è da farsi circa le spese di costruzione presunte, le quali per una ferrovia normale, come quella da me presa per base, mi paiono incontrovertibili, ma che certamente saranno diverse cambiando il sistema in guisa da ridurre di molto la larghezza necessaria per la via, o da risparmiare nel numero o nel peso delle rotaie.

Mi affretto però a soggiungere che queste circostanze nuove e specialissime, pelle quali potrebbesi ridurre la spesa di costruzione o d'esercizio, non sono ancora entrate nel dominio della pratica; e scopo principale del presente rapporto è quello appunto di far noto quanto, su questa via, s'è fatto in Europa in questi ultimi tempi.

Esporrò dunque separatamente i risultati di alcune ferrovie economiche, accompagnandoli con quelle osservazioni che man mano mi si presenteranno opportune, perchè si possano dallo esposto ricavare i più utili frutti.

I. Ferrovia di Broelthal. — Di questa strada, di cui tanto già si scrisse in ogni lingua, più non parlerei se in una visita che feci sul luogo lo scorso anno non avessi rilevato alcune inesattezze in cui incorsero parecchi di coloro che ne fecero

oggetto di rapporto, e se non vi si fossero recentemente introdotte delle variazioni utili a conoscersi appunto perchè suggerite dall'esperienza.

La stessa strada, costrutta, credo, nel 1861, comincia dalla stazione di Hennef sulla ferrovia da Deutz (Colonia) a Siegburg sulla riva destra del Reno, e s' inoltra pella valle della Broel. Essa per ora misura solamente 19700^m, oltre ad una diramazione di 2400^m; ma sono in corso di costruzione od in progetto ulteriori tratti per la estensione della medesima. La larghezza del binario è di 0^m,79, ed esso venne collocato sulla strada ordinaria occupandone una larghezza di 1^m,40. Siccome si ammisero pendenze dell' 1,25 per cento e curve del raggio minimo di 38^m, poche opere occorsero per adattare la strada esistente. Nelle accennate curve lo scartamento del binario si portò a 0^m,80; le prime rotaie pesavano 13 chilogr. al metro lineare, ma quelle che ora vi si mettono sono di 18 chilogr., con giunti a stecche con 4 bolloni del peso di 3 chilogr. il paio. Questo aumento di peso delle rotaie, cui si addivenne dopo 8 anni d'esperienza, senza che nemmeno si sia accresciuto il peso della locomotiva, è un fatto molto significativo, e dovrebbe servir d'avviso a coloro che trovano così comodo, per diminuire il costo preventivo nei loro progetti, di proporre rotaie microscopiche, ed invocano la ferrovia di Broelthal o qualche altra a giustificare le loro proposte; come se tutto quel che esiste fosse buono e non si dovesse piuttosto ricercare l'*esito* che ebbero le adottate dimensioni.

Le prime rotaie erano lunghe 4^m,50; ora si fanno di 6^m,54, ed ognuna è sostenuta da 8 traverse, di sezione fra la semicilindrica e la rettangolare, di 0^m,130 $\times$ 0^m,156 e lunghe 1^m,25; le rotaie sono di forma *Vignole,* come nella fig. 1, ed assicurate alle traverse con arpioni: costarono, portate sul posto, L. 222,50 e le compresse L. 315 per tonnellata; colle antiche rotaie di 13 chilogr., e per conservarle a posto finchè durano, si aggiunsero due traverse per ognuna di esse.

Sotto le traverse e fra le medesime trovasi uno strato di 8 centim. di ghiaia di fiume, che posa direttamente sul vecchio fondo della strada carrettiera; ad ogni 10^m un canaletto trasversale serve a sfogar l'acqua della parte di strada compresa fra il colmo e la ferrovia, e questi canaletti sono pure riuniti da altro canaletto longitudinale; a questo modo si risparmiò un fosso apposito dalla parte interna della ferrovia.

Fra la ferrovia e la rimanente porzione della strada non venne stabilito alcun sistema di chiusura.

La spesa di costruzione riescì come segue:

Armamento (colle rotaie di 13 chilogr.). .	L. 227850
Per un ponte sulla Sieg	» 89825
Per N° 8 stazioni.	» 84075
Provviste generali	» 12625
	L. 414,375

pari a L. 21034 al chilometro per la costruzione della strada. Una diramazione di 2400^m costò L. 39375. Infine il materiale mobile per la linea e la diramazione (chilom. 22,1 in tutto) costò L. 78950, ed altre L. 25175 si spesero in attrezzi e ruote di ricambio. Indi la totale spesa, compreso il materiale mobile, fu di L. 25243 al chilometro. Il terreno, ossia il suolo stradale, fu ceduto gratuitamente.

Le locomotive comprese nell'accennata spesa sono due ed i vagoni 29. Quelle pesano, *in istato di servizio*, 12500 chilogr. sono a 6 ruote accoppiate, col tender addosso, e del sistema delineato nella fig. 2; i cilindri misurano $0^m,27 \times 0^m,25$; le ruote hanno $0^m,68$ di diametro e le due estreme distano di 2^m da centro a centro; la caldaia lavora con pressione di 6 atmosfere effettive; si può adunque comodamente sviluppare una forza di trazione netta di circa 1100 chilogr., corrispondente a meno del decimo del peso che sta sulle ruote; l'aderenza è perciò quasi esuberante, anche quando, lavorandosi con minore espansione, si voglia fare lo sforzo massimo di 1400 chilogr. Per facilitarne l'andamento nelle ristrette curve di 38^m fu praticato nei due assi estremi un giuoco laterale di circa $0^m,012$, e le bronzine delle rispettive bielle si fecero leggermente sferiche; così si potè mantenere l'orlo del cerchione anche alle ruote di mezzo. Gli anelli degli stantuffi sono in bronzo, il che mi pare un lusso inutile, potendo essi farsi di ghisa; la cassa a fumo è munita di parascintille.

Effettivamente queste macchine, che costarono meno di L. 22000 cadauna, tirano in piano un carico di 210 tonnellate; ma il traffico è tutto discendente; quindi nelle salite i vagoni sono vuoti. Nell'esercitare lo sforzo massimo, la velocità si limita a 7 chilom. l'ora e la velocità media per tutta la corsa non supera 8 chilom., comprese le fermate. La velocità è limitata dalla potenza d'evaporazione, ossia dalle dimensioni della caldaia, che ha $0^m,83$ di diametro, è lunga $1^m,70$ e contiene 73 tubi di $0^m,035$ di diametro; il focolare misura m. q. 0,322 di griglia; la superficie di riscaldamento risulta quindi di m. q. 2.43

pel focolare e 13,23 pei tubi. Ora il volume del cilindro essendo m. c. 0,0143, ed occorrendo 4 atmosfere di pressione media per fare uno sforzo di 1100 chilogr., ne segue che bisogna evaporare 555 litri d'acqua all'ora o, colle perdite, litri 650 circa, per fare 10 chilom. all'ora; evaporazione questa che è la massima possibile colla indicata superficie di riscaldamento.

L'esercizio s' aprì e si continuò per 2 anni con una sola locomotiva; bastava profittare del riposo della domenica per lavare la macchina e farle gli ordinari piccoli lavori di manutenzione. Ora se ne hanno due, colle quali il servizio si fa comodamente, occorrendo un sol treno al giorno.

I vagoni sono aperti, a sponde alte, e con 4 ruote; la fig. 3 ne presenta il prospetto e la fig. 4 segna per metà la vista di dietro e per metà il taglio in traverso, da cui vedesi il fondo inclinato *(a a)* pel più comodo scarico delle materie che escono dalla metà inferiore delle sponde, che è girevole sulle cerniere *(d, d)*; essi pesano tonnellate 2,5 e ne portano 5; però nei vagoni nuovissimi il peso venne ridotto a tonnellate 2,35; dànno dunque un effetto utile del doppio, che vedremo sorpassato in altre linee. La cassa misura $2^m,60 \times 1^m,40$ nei vecchi vagoni; nei nuovi la larghezza si portò a $1^m,60$; le ruote hanno $0^m,90$ di diametro e sono distanti $1^m,50$ da centro a centro; esse hanno cerchioni d'acciaio pudellato e raggi in ferro, ma alcune poche sono opache, ossia a disco. Non si ha che un solo respingente sul mezzo; anticamente una stessa molla serviva pel respingente e per la catena di trazione che le andava unita: ora questa si mise sotto al respingente *(b b,* fig. 3) e le si applicò una piccola molla indipendente in caoutchouc *(c. c.)*, che però negli ultimi vagoni venne collocata verso il mezzo della lunghezza del vagone. Tutto il vagone è in legno, ma il fondo, a doppio piovente, è rivestito d'una lastra di ferro; gli assi sono d'acciaio pudellato (materiale che pel suo difetto d'omogeneità non saprei raccomandare per tale impiego) ed hanno $0^m,09$ di diametro nella parte abbracciata dal mozzo; le molle portanti sono d' acciaio fuso; il costo dei primitivi vagoni era di circa L. 1300, ma ora si elevò a 1500; però quelli durano tuttora in servizio.

Questa ferrovia serve unicamente al trasporto di minerali di ferro e di pietra da calce dal sommo della valle alla stazione di Hennef, d'onde devono proseguire per la ferrovia a scartamento ordinario; si richiesero perciò in detta stazione, di cui la fig. 5 dà il piano, delle disposizioni speciali. Dal binario principale *G H* parte un binario *A*, pure a grande scartamento, che

conduce i grossi vagoni in *B sotto* ai vagonetti della linea di Broelthal, i cui fianchi aprendosi lasciano cadere in quelli il loro contenuto; i binarii *C*, *D* e la piattaforma *E* bastano al servizio di questa linea, che prosegue in *F* lungo la strada ordinaria. Si calcola che il travaso della materia, fatto a questo modo, costi, compresa la manovra, L. 0,075 per tonnellata; ma le poche merci ordinarie che coi vagoni della gran linea vanno a Broelthal si travasano nel modo ordinario, e costano: il carbone L. 0,10, e le merci più fini L. 0,15 per tonnellata.

Il movimento fu di tonnellate 32700 nel 1864, tonnellate 25000 nel 1866, tonnellate 28000 nel 1867 e si ridusse a tonn. 22800 nel 1868. Di questo traffico soltanto da un quarto ad un sesto essendo in ascesa, gli si potè quasi sempre dare sfogo con un treno al giorno; di fatto, la macchina tirando in piano 140 vagoni, si possono nel ritorno, ossia in discesa, trasportare con un treno 700 tonnellate; mettiamone 150 nell'andata, e si avrà un totale di 31000 tonnellate in un anno con un sol treno al giorno.

L'introito nel 1864 fu di L. 70450, ciò che corrisponde a L. 2,15 per tonnellata, ossia in media L. 0,10 per tonnellata-chilometro; la tassa minima, pei minerali, è di L. 0,0875 e la massima, pei grani, frutta ecc., di L. 0,1125 per tonnellata-chilometro, oltre ad un diritto fisso di L. 0,40 per tonnellata pel carico e scarico; le merci colle quali si può completare il carico del vagone si trasportano sempre a vagoni completi; ma siccome si dànno anche per merci fini vagoni completi a L. 0,50 al chilometro, compreso il diritto fisso, così tutti i trasporti si fanno a vagone completo.

Il servizio di trazione si fa col seguente personale: un macchinista a L. 4 al giorno; uno scaldatore a L. 2,25; un capotreno a L. 2,60; 4 frenatori a L. 2: per la manutenzione della via si hanno 12 uomini che percepiscono da L. 1,50 a L. 1,90 al giorno; pel traffico si ha ad Hennef un capo stazione ed un altro impiegato, ed all'altra estremità della linea un solo impiegato: nelle stazioni intermedie si tengono individui che per 5 talleri al mese (L. 18,75) s'incaricano dell'innoltramento della merce, ciò che non li occupa più di un'ora al giorno.

Il carbone vale in quel paese L. 14 la tonnellata.

Le spese dell'esercizio nel 1864 con un percorso di 16060 chilometri risultarono come segue:

Direzione (il Direttore Generale non ha paga)	L. 3750
Traffico	» 4700
Trazione	» 10700
Stazioni	» 4425
Via	» 5850
Materiale mobile	» 5400
Varie	» 1475
Totale	L. 36,300

pari a L. 2,26 per chilometro percorso.

Ma si noti che nel 1864 tutto era quasi nuovo e quindi non vi furono nè spese di rinnovamento del materiale mobile, le quali soltanto al 5 per cento monterebbero a L. 4000, nè spese di rinnovamento della via, che al 10 per cento salirebbero a più di L. 25000.

Computando i deterioramenti e l'interesse soltanto al 6 per cento delle spese di costruzione, l'intiera spesa per l'esercizio risulterebbe in 36300 + 29000 + 33472,50 = L. 98772,50, pari a L. 6,15 per treno-chilometro, mentre l'introito fu di L. 4,38. Questo adunque non avrebbe corrisposto che ad un interesse dell'1 per cento appena pel capitale speso. Ciò non lo si disse allora agli azionisti in parole, ma lo si mostrò *in fatti*, trattenendo il dividendo col pretesto d'impiegarlo in miglioramenti; e miglioramenti se ne fecero certamente, ma una parte della spesa potrebbe meglio chiamarsi rinnovazione dei materiali deperiti, elemento questo che nei presuntivi troppo sovente si dimentica o si valuta al dissotto del vero.

Nel 1867 s'introdussero varie economie e le spese vive discesero a L. 32534 e l'introito a L. 64616; ma nel 1868, non ostante la molta diminuzione di traffico, crebbe la spesa, essendo salita a L. 34700, e dev'essere certamente cresciuta anche negli anni seguenti pei lavori di rinnovamento ch'erano in corso.

Pel primo anno questa ferrovia fu esercitata a cavalli; ma, non ostante la cura avuta di scegliere i migliori e più poderosi animali, per un traffico di 13400 tonnellate trasportate nei primi 7 mesi d'esercizio, e corrispondenti ad un lavoro *annuo* di tonnellate 23000, di cui il 15 per cento si avverò in salita, la spesa di esercizio risultò di L. 0,594 per tonnellata, mentre coll'esercizio a vapore essa scese nel 1864 a L. 0,38; ed anche nel 1868, col materiale già un po' invecchiato, e con un traffico ap-

punto eguale a quello del 1862, l'esercizio a vapore costò solo L. 0,48. È dunque provato il vantaggio della sostituzione del vapore ai motori animali, poichè se in quest'ultima cifra non è compreso tutto il rinnovamento del materiale deperibile, in quella di L. 0,594 non è compreso il logorio delle bestie; d'altronde questo vantaggio cresce col crescere del traffico, perchè col vapore sono maggiori le spese generali e minori quelle proporzionali al lavoro.

Porrò termine a questo cenno con un riassunto delle prescrizioni straordinarie imposte dal Governo Prussiano per l'esercizio di questa speciale ferrovia, che deve lavorare accanto alla strada carrettiera:

« Il fumaiolo delle locomotive dev'essere munito di para-faville e d'una completa chiusura alla sua estremità superiore; il porta-ceneri vuol essere disposto in modo da impedire il disperdimento dei carboni incandescenti e deve potersi aprire e chiudere dal macchinista.

« Passando la locomotiva a distanza minore di 46^{m} da costruzioni non coperte a prova di fuoco, devesi sopprimere il tiraggio almeno 38^{m} prima di giungere ai detti punti e così mantenerlo finchè non si siano oltrepassati di almeno 19^{m} . . . .

« Non si faranno treni fuori delle ore previamente stabilite, le quali saranno rese note al pubblico con avvisi cubitali affissi in tutte le fermate ed in tutti i villaggi adiacenti; la velocità dei treni non oltrepasserà i 15 chilometri all'ora nelle tratte libere e si ridurrà alla metà nello attraversare luoghi frequentati.

« Avvicinandosi ad abitati, nelle svolte, negl'incrociamenti ecc. il macchinista darà un avviso per mezzo d'una campana; di notte poi la locomotiva sarà provvista di fanale bianco e l'ultimo vagone porterà all'indietro una luce rossa.

« Oltre al personale necessario al servizio del treno, questo sarà accompagnato da altri 2 uomini almeno per fermare le bestie che s'adombrino o prestare aiuto in caso di ostacoli imprevisti o di altre accidentalità, nelle quali il treno si arresterà ad opportuna distanza.

« Eccettuati i materiali pel servizio dalla strada, le merci tutte non possono caricarsi o scaricarsi che nelle fermate e nelle stazioni nei luoghi a ciò predisposti; è del resto proibito di fermare il treno lungo la via sugli incrociamenti di pubblici passaggi, salvo le eventualità sopra previste.

« Le barriere nei crocicchi devonsi chiudere prima del passaggio del treno; quella sul ponte della Sieg si chiuderà 5′ prima

dell'ingresso del treno e si aprirà tosto che questo sia passato. »

A protezione poi della ferrovia lo stesso Governo emise e pubblicò le seguenti prescrizioni:

« Quando le barriere sono chiuse i passeggieri devono arrestarsi e trattenere i loro animali finchè quelle vengano riaperte.

« Udendo il segnale della locomotiva chi si trova sulla ferrovia » (la quale, come abbiam visto non ha chiusura) « deve abbandonarla e rimuoverne il proprio bestiame. Niuno può collocare contro essa degli oggetti che possano essere toccati dal treno; se gli animali s'adombrano, il treno s' arresta ed il loro conduttore deve senza ritardo farli passare oltre al convoglio se sono diretti contro il medesimo, o metterli dietro a questo se gli animali vanno nella stessa direzione del treno.

« Le contravvenzioni ai due precedenti articoli saranno punite con multe estensibili a L. 37,50 o con proporzionale carcere sussidiario.

« Le contravvenzioni per parte della Società ferroviaria verranno punite in via disciplinare. »

II. **Ferrovia di Tallylyn.** — Trovasi questa nel paese di Galles, provincia di Merioneth; è lunga 12800^{m} e serve al trasporto di merci e di persone, ma più specialmente per condurre al mare le ardesie delle cave di Aberdovey.

Fu fatta nel 1865; il binario ha lo scartamento di 0^{m},68 ed è pertanto la più ristretta ch'io conosca dopo quella ormai famosa di Festiniog e le altre analoghe di cui farò menzione e che trovansi pure nello stesso paese. La linea, costruita molto solidamente, sale quasi continuamente dal mare alle cave; la pendenza predominante è di 1,33 per cento, ma una tratta di circa 800^{m} ha l'inclinazione massima di 1,50 per cento.

Il servizio è fatto con due sole locomotive, che passo a descrivere, potendo il loro studio tornar utile a chi deve progettare locomotive *lillipuziane*.

Una di esse ha 4 ruote accoppiate di 0^{m},70 di diametro, collocate fra la cassa a fumo ed il focolare, più due ruote portanti libere dietro quest' ultimo; cilindri esterni di 0^{m},20 $\times$ 0^{m},40; focolare di rame con griglia di m. q. 0,37; caldaia con 60 tubi lunghi 1^{m},60 e del diametro di 0^{m},038.

L'estrema distanza delle ruote è di 2^{m},50.

L'acqua è contenuta in una cassa semicircolare che sovrasta alla caldaia, ed il carbone in due recipienti ai fianchi del focolare.

L'altra locomotiva ha soli due assi, di cui uno presso la cassa a fumo, l'altro dietro al focolare; le 4 ruote hanno pure $0^m,70$ di diametro e sono tutte accoppiate; distano 2^m da centro a centro. È nuova la disposizione per muovere le cassette di distribuzione; i relativi eccentrici non potevano mettersi sull'asse posteriore perchè trovasi dietro al focolare: si misero sull'asse anteriore; ma di là non potevano, per mancanza di spazio, agire direttamente sulle cassette; perciò si appesero i settori ad un albero posto sotto la caldaia avanti al focolare; essi ricevono il moto dagli eccentrici e lo trasmettono alle cassette ritraversando l'asse anteriore.

In questa macchina l'acqua è posta in un recipiente dietro al macchinista, ed il carbone come nell'altra locomotiva.

Si fanno tre convogli di viaggiatori al giorno, oltre a quelli da merci; e queste macchine tirano sulla indicata pendenza, alla velocità di 28 chilometri l'ora, il peso di 33 a 35 tonnellate oltre al proprio: questo peso si compone di un bagagliaio, tre vetture da 24 persone l'una, e 20 carri da ardesie vuoti. Calcolando in base alle surriferite dimensioni, trovasi che questo lavoro può comodamente ottenersi con 4 atmosfere di pressione media e netta nei cilindri.

Anche per le cave d'ardesia di Dinorwic nella stessa provincia di Galles si è fatta una ferrovia a scartamento di $0^m,58$, che è il più piccolo esercitato a locomotive. La rispettiva macchina è montata su 4 ruote accoppiate poste fra le due casse, col diametro di $0^m,60$; cilindri di $0^m,19 \times 0^m,35$; superficie di riscaldamento di 15 m. q.; capacità d'acqua di riserva 900 litri; capacità di carbone 250 litri; peso, in condizione di servizio, 9 tonnellate. La forza che può sviluppare con economia è di circa 1050 chilogr. pei quali l'aderenza è abbondante. La base delle ruote è lunga solo $1^m,30$, onde la macchina possa camminare comodamente in qualsiasi curva. La velocità ordinaria è di 20 chilom. l'ora. e questa, non ostante il piccolo scartamento, non dà luogo ad oscillazioni nella macchina, perchè è bene bilanciata ed il suo centro di gravità si tenne bassissimo. Si mise recentemente in servizio questa macchina in sostituzione ai cavalli che si usavano pel passato.

Invece nella ferrovia privata di Buscot-Park presso Farringdon, costrutta pel servizio d'un immenso tenimento di barbabietole e collo scartamento di $0^m,80$, la macchina venne egualmente fatta a 4 ruote e, bene inteso, accoppiate; ma per conciliare il bisogno di tener corta la base della macchina con quello della

stabilità della medesima, le due ruote di dietro si collocarono sotto la parte posteriore del focolare; e siccome la griglia, fatta orizzontale, sarebbe riescita troppo elevata, la si fece inclinata dall'indietro all'avanti. Però questa disposizione ha pure il suo difetto, ed è quello di perdere una parte della utilissima superficie di riscaldamento del focolare.

III. **Ferrovia di Tavaux-Ponséricourt.** — Questa ferrovia, costruita dall'Ing. Sig. Molinos, dalla cortesia del quale ebbi i dati che sto per esporre, serve unicamente ai trasporti necessarii per alcune fabbriche di zucchero nel Nord della Francia, e si compone di due rami, di cui l'uno di 4200^{m} tende da Tavaux a Moranzy-Agnicourt e l'altro, lungo 8500^{m}, unisce la raffineria al villaggio di Gronard.

È una linea notevole, specialmente per le fortissime pendenze che si esercitano con locomotive. Essa, difatti, è stabilita lungo strade carrettiere comunali o vicinali e passa, come queste, nel mezzo dei paesi davanti alle porte degli abitanti, come sarebbe la linea da S. Benigno a Sampierdarena, ma le pendenze stanno fra il 15 ed il 25 per mille, anzi, per valicare una cresta, trovasi una tratta di 300^{m} coll' inclinazione del 7, 5 per cento, preceduta da una di 300^{m} col 5,8 e da altra di 400^{m} col 3,1 per cento, e sull'altro versante della medesima si ha pure la pendenza del 5, ed anzi l'ultimo chilometro è inclinato di 52 a 60 millimetri per metro e contiene una curva di 50^{m} di raggio. Sono le più forti pendenze esercitate con locomotive *ad aderenza ordinaria*. Nelle parti piane il raggio delle curve scende fino a 30^{m}.

Lo scartamento del binario è di 1^{m} e la larghezza del piano stradale è di 2^{m},10; la strada carrettiera, che aveva 8^{m} di larghezza, venne dai rispettivi comuni, mediante un equo compenso, allargata di 1^{m},10, e poi se ne concesse una striscia di 2^{m},10 per la ferrovia.

Le rotaie, del sistema Vignole, pesano 13 chilogr. al metro lineare e sono lunghe 6^{m}; ognuna di esse poggia sopra 7 traverse di rovere di 0^{m},16 $\times$ 0^{m},08 di sezione e lunghe 1^{m},50; le congiunzioni delle rotaie sono munite di stecche; la loro unione alle traverse si fa con caviglie del diametro di 15 millimetri.

La massicciata è alta 0^{m},20, ma si trova insufficiente a motivo specialmente della sua cattiva qualità.

Gli scambi sono a rotaia-mobile — sistema economico, ma cattivo e da non imitarsi, a parer mio; gli incrociamenti sono in ghisa; le piattaforme girevoli in legno e ferro.

Compreso la provvista di 3 locomotive e 60 vagoni, la spesa d'impianto per ogni chilometro di strada risultò come segue:

Indennità di terreno.	L.	857
Lavori di terra	»	2800
Muratura e travature	»	1107
Rotaie e stecche	»	7214
Traversine	»	1857
Massicciata e posa	»	2500
Materiale mobile	»	9357
Spese generali e diverse	»	642
	Totale L.	26334

Tenendo conto di alcuni miglioramenti e finimenti necessarii la spesa totale può valutarsi di L. 28000 al chilometro.

Le 3 locomotive, della fabbrica Creuzot, hanno solo 4 ruote tutte accoppiate del diametro di $0^m,76$ e distanti $1^m,25$ da centro a centro: cilindri di $0^m,204 \times 0^m,360$; superficie di riscaldamento dei tubi m. q. 17,34, del focolare m. q. 2,34, totale m. q. 19,68. I tubi hanno $1^m,78$ di lunghezza e $0^m,035$ di diametro: area di griglia m. q. 0,42; molle di sospensione lunghe $0^m,53$; molle di trazione lunghe $1^m,15$; distanza fra i centri dei respingenti $1^m,15$; loro altezza sulle rotaie $0^m,58$.

Le macchine essendo senza tender portano sul loro dorso delle casse d'acqua capaci di 850 litri, ed hanno posto per 160 litri di carbone. Pesano, vuote, 5700 chilogr., ed in istato di servizio circa 7500 chilogr.

Questo poco carico delle ruote vuol essere preso in considerazione da chi fosse tentato di adottare il poco peso dato alle rotaie di questa linea; peso che d'altronde l'esperienza non ha ancor potuto dimostrare se sia il più conveniente, perchè l'esercizio è comparativamente recente e lo era in ispecie quando io attingeva le informazioni che trascrivo.

I proprietarii della linea trovano un po' deboli queste macchine in ragione del traffico, e si propongono, quando dovessero rinnovarle, di dar la preferenza a macchine più forti, ma montate su di un maggior numero di assi, perchè, aggiungono, la loro strada non può sopportare di più. Se non che io temo che in tal caso incontreranno la difficoltà delle curve, perchè su pendenze come quelle sovra indicate è ovvio che tutte le ruote devono essere accoppiate; epperciò sono di avviso che il sistema adottato sia il migliore per quel caso e che, se il traffico aumenta, converrebbe aumentare i treni, o meglio comporli tutti

con due macchine, che, accoppiate per esempio colle loro estremità posteriori, farebbero quell'eccellente servizio che fanno da tanti anni le antiche macchine del Governo ai Giovi.

I vagoni sono di due specie; alcuni, stati fatti pel trasporto delle terre durante la costruzione, sono anche adesso utilizzati; gli altri, costrutti espressamente per l'esercizio, sono scoperti, hanno il telaio in ferro e la cassa in legno lunga 3^m, larga 2^m, alta $1^m,15$, sui fianchi della quale si apre la porta dal basso all'alto per facilitare lo scarico del vagone; le ruote sono in ferro stampate secondo lo economico sistema Arbel e non hanno cerchione di riporto; il loro diametro è di $0^m,67$ e la distanza fra gli assi di $1^m,85$; hanno molle di sospensione e di trazione, ma i paracolpi ne sono privi. Quest'ultima non è un' economia da imitarsi ciecamente, quando i vagoni sono soggetti a strapazzi od a rozzo maneggio.

Le molle di sospensione sono assai delicate; ma quando il carico raggiunge la metà del carico massimo del vagone esse non funzionano più ed il telaio riposa rigidamente sulle scatole ad olio.

Ogni vagone ha un freno del sistema Stilman — che ho descritto nella mia memoria *Locomotive e freni* (1). — Il peso del vagone è di 2100 chilogr., e la portata è di 6000 chilog. È questo un effetto utile eccellente e fra i più elevati che io conosca.

Questi vagoni furono costrutti dalla casa Chevalier et Chelius e costarono circa L. 1300 ciascuno.

Non essendovi divisione fra la ferrovia e la rimanente parte della strada carrettiera, il Ministero dei Lavori Pubblici di Francia assimilò i treni a quelli che sono permessi sulle strade ordinarie, senza rotaie, colle macchine dette locomobili, e li assoggettò alle medesime prescrizioni.

Il traffico essendo da 12 a 15 mila tonnellate da trasportare durante ogni campagna annuale, che dura dall' ottobre al gennaio, bisogna provvedere al trasporto di circa 125 tonnellate al giorno, corrispondenti a 21 vagoni; nel ritorno il numero delle tonnellate diminuisce della metà.

Per dare sfogo a questo traffico la linea si divise in tre sezioni, ognuna delle quali è servita da una locomotiva; la porzione più difficile è quella che contiene la salita del 6 per una lunghezza di 1000^m; ivi la macchina tira sempre un vagone e talora ne tira due. Nel primo caso lo sforzo è di circa 1000 chilogr. e basterà che il coefficiente d'aderenza sia di $^1/_{7,5}$ onde la macchina non scivoli; nel secondo lo sforzo monta a 1550 chilogr. ed occorre allora un coefficiente di aderenza di circa $^1/_5$ che non

(1) V. *Parte non ufficiale* del Giornale del Genio Civile, anno 1868, N. 2, pag. 401.

sempre si può avere. Quanto alla potenza di trazione della macchina, la si avrà nel primo caso con una pressione media di 5 atmosfere; ma nel secondo occorrono quasi 8 atmosfere per tutta la corsa dello stantuffo, e questa pressione mi pare difficile a raggiungersi se in caldaia non si hanno più di 10 atmosfere; io credo piuttosto che, quando la macchina tira due vagoni, o il loro carico non è completo, oppure non sono entrambi della specie sopra descritta.

Sulla salita del 7 $\frac{1}{2}$ la macchina tira in tempi buoni un carico di 9700 chilogrammi ed in tempo di nebbia, neve o brina, tira sempre almeno tonnellate 7,5: nel primo caso occorre l'aderenza di $\frac{1}{5{,}4}$ e nel secondo quella di $\frac{1}{6}$: ma qui devesi notare che questo massimo di pendenza non dura che per 300^{m}, nei quali si può far uso continuo di sabbia, anche spandendola a mano se occorre, e che inoltre questo tratto è esposto al mezzodì ed in condizioni favorevoli per l'aderenza.

In sostanza, nemmeno l'autore del progetto crede che si possa fare assegnamento su di un coefficiente maggiore di $\frac{1}{6}$ ed anche, per ottener questo, raccomanda l'uso della sabbia; però egli conchiude che un esercizio industriale può stabilirsi con pendenze del 6 e del 7 $\frac{1}{2}$ per cento colla certezza d'avere un buon servizio; proposizione cui io non mi associo se non con molte riserve, in ispecie quanto alla lunghezza della linea ed ai mezzi con cui si sarà provvisto alla sicurezza della discesa, che diviene molto compromessa su pendenze che si avvicinano all'angolo minimo dell'attrito, quando esse sieno di considerevole lunghezza.

Intanto questa linea apportò grandi benefizi alla fabbrica. Diffatti i trasporti costavano per la via ordinaria L. 1 per tonnellata-chilometro, ossia per 12 mila tonnellate circa L. 144,000 annue; ora, compreso l'interesse del 6 per cento sul capitale di costruzione, non si spende la metà.

L'ingegnere Molinos (per chi l'ignora dirò che esso forma autorità in Francia), autore di questa linea, espresse in certi suoi scritti sulla questione delle ferrovie a buon mercato alcune considerazioni di cui piacemi dare il compendio.

Alcuni dipartimenti — egli osserva — vogliono giungere ad ottenere la costruzione delle ferrovie d'interesse locale accordando ai concessionari, come premio, il sotto-suolo stradale bello e preparato, che corrisponde generalmente ad un valore di L. 40,000 al chilometro; ma nelle condizioni ordinarie il finimento della strada importerà un'ulteriore spesa di L. 60 a 65

mila per chilometro ; poi le spese di esercizio di una via a scartamento ordinario monteranno a circa L. 6,000 al chilometro ; quindi, a meno di un introito di L. 10,000 al chilometro, la compagnia concessionaria non ricaverà il 6 per cento del denaro speso. Ma le linee dipartimentali che possano dare un tale introito sono rare : e del resto un interesse *eventuale* del 6 per cento non basta ad allettare i capitali in una impresa industriale. Invece costruendo delle linee, come quella di Tavaux-Ponséricourt, a scartamento di 1^m, la spesa può tenersi nei limiti di L. 50,000 al chilometro. Tenendo conto della sovvenzione di cui sopra, ed alla quale sono disposti i Dipartimenti e le Comuni, il capitale d'impianto diverrebbe minimo ed un introito di L. 6,000 al chilometro basterà sempre a rendere l'impresa rimuneratrice, poichè una via più ristretta potrà anche esercirsi più economicamente, ossia con *meno* di L. 6000 al chilometro. E chi sa che, col tempo, non emerga anche la possibilità di far con profitto delle linee che diano anche un introito inferiore alle 6 mila lire. Resta la questione del trasbordo per la riduzione dello scartamento ; ma questa operazione, nella categoria di linee di cui ora è caso, può ridursi a minime proporzioni Attualmente il travaso delle materie sciolte, come carboni, ceneri ecc., si opera nel modo più primitivo con una spesa di L. 0,25 per tonnellata, che può facilmente ridursi a L. 0,17 ed anche a L. 0,15 adoperando mezzi meccanici. Questo elemento non va trascurato nel calcolo, ma si troverà che nella massima parte dei casi non influisce gran fatto sul bilancio generale dell'opera.

Queste considerazioni, rese pubbliche nel 1869, io raccomando più specialmente all'esame di coloro che invocarono appunto l'autorità del sig. Ingegnere Molinos per trovar alquanto esagerati i preventivi ed i calcoli presentati nel rapporto che su questo argomento ho pubblicato nel 1867.

IV. Ferrovia di Festiniog. — Se ritorno su questa ferrovia di fama europea non è per ripetere quello che a lungo ho esposto nel mio precedente rapporto, ma per aggiungere alcune informazioni sul nuovo materiale mobile ed esporre gli ultimi risultati dell'esercizio.

Ricordo soltanto che lo scartamento dei regoli è di 0^m,61 e che all'epoca del detto mio rapporto l'esercizio si faceva unicamente con locomotive a 4 ruote con piccolo tender ; ora vi si è introdotta anche la locomotiva del sistema Fairlie che ho am-

piamente descritto nella sovracitata memoria sulle locomotive. Quella che diede risultati tanto soddisfacenti nelle prove fatte al principio dell'anno scorso pesa tonnellate 19 ½ ed è portata su due carri girevoli, di cui ognuno comprende 4 ruote accoppiate di $0^m,70$ di diametro ; ad ogni carro è applicata una coppia di cilindri di $0^m,25 \times 0^m,325$; la base delle ruote è di m. 1,50. Ne risulta che queste percorrono le curve più ristrette tanto agevolmente quanto le macchine precedenti, col vantaggio di avere utilizzato il peso del tender che andava perduto per l'aderenza ; però che questa macchina procuri, in confronto delle altre, un risparmio del 25 per cento sul combustibile è un fatto che, quantunque asserito dall'egregio ingegnere direttore della linea, di cui ebbi occasione di mettere a prova la cortesia e di apprezzare i meriti, tuttavia io non ammetto senza benefizio d'inventario ; e la stessa tabella delle accurate prove da lui fatte, e che lo condussero all'accennata conclusione, conduce me alla conclusione opposta. Se poi consulto il quadro delle prove, fatte più recentemente in presenza di una Commissione di autorevoli persone, trovo che la *Fairlie* fece, come doveva fare, un lavoro circa doppio della sua rivale, la quale consumò circa la metà meno di vapore ; dunque è impossibile che per aversi in quella un sol generatore di doppie dimensioni il consumo sia perciò stato ridotto del 25 per cento. Del resto in queste ultime prove non si tenne conto del consumo ; e quindi il mio buon amico signor Fairlie sarà soddisfatto se io mi contento di riferire ed accettare come plausibile la conclusione, cui addivenne la detta commissione, che cioè il principio cui si informa la locomotiva a doppio carro girevole del Fairlie e che tende a ridurre l'usura e l'attrito nelle curve, a distribuire egualmente e ridurre il peso sulle ruote con gran beneficio della strada ed a produrre una macchina con cui si può con egual sicurezza camminare in ambo i sensi, è sano e ricevette una nuova conferma dalle prove in discorso.

Le particolarità di questa macchina meritano che ne presenti nelle fig. 6 e 7 lo spaccato e la pianta, che non abbisognano di commenti. Noto però che all'antico focolare unico ora il Sig. Fairlie ne ha sostituito due riuniti con un sol corpo cilindrico ; il che mi rende sempre più restio a credere che il suo generatore dia tanta economia su quelli usuali. Questa macchina ha nome « Little Wonder » (piccola meraviglia) ; contiene 60 m. q. di superficie di tubi e 5,40 di focolare ; totale superficie di riscaldamento m. q. 65,40 ; l'area totale di griglia è di m. q. 9,90.

Le porte del focolare sono su di un fianco; ed è segnata in linee punteggiate sullo spaccato la posizione della leva *unica*, con cui è regolato il maneggio di *entrambi* i movimenti di distribuzione. Devo aggiungere che su questo genere di locomotiva si hanno pareri disparatissimi, anche fra persone le più competenti su questa materia; ma una discussione approfondita su questo argomento sarebbe qui fuori di luogo.

Sulla linea di Festiniog le spese di esercizio furono nel 1869 come segue:

Manutenzione della via: personale		L. 16435
materiale		» 7110
muratura		» 4450
Trazione: salarii		» 15123
materiali		» 10050
olio e cotone in filetto		» 2084
combustibile		» 21699
Traffico: personale a mese		» 67675
id. a giornata		» 15120
Riparazioni dei vagoni ad ardesie		» 28062
id. di vetture e vagoni diversi . .		» 11020
olio e grasso		» 6122
Combustibile nelle officine		» 7120
Spese vive		L. 212070
Imposte governative	L. 10775	
Id. comunali	» 18750	L. 50875
Spese generali	» 21350	
Spese speciali:		
Affitti	L. 1160	
Interessi per ipoteche	» 6450	
Diritti di passaggio	» 32275	L. 63385
Id. alla compagnia delle ardesie . .	» 8500	
Interessi bancari	» 15000	
Totale		L. 326330
L'incasso totale fu di		» 491900
Profitto		L. 165570

Si vede adunque che l'utile netto è molto aumentato dopo il mio rapporto del 1867; le spese crebbero pochissimo ed invece crebbe molto l'introito, che si elevò a L. 21200 al chilometro; il che ci prova di quanto traffico sia capace una ferrovia comun-

que ristretta, purchè ben condotta.

Per l'accumulazione fattasi impiegando gli utili in aumento del capitale, questo, che in origine era di L. 904625, ora è valutato in L. 2154625, al quale l'accennato utile netto reca un interesse del 7 per cento, che si eleverebbe al 12 senza le spese speciali, che nulla hanno che fare coll'esercizio della linea.

Nello stesso anno il percorso fu di 80500 chilometri, quindi la spesa viva s'elevò a L 2,64, o, comprese le spese generali e le imposte, a L. 3,26 per chilometro percorso. È questa una cifra elevata, in ispecie considerando il poco peso dei treni; ma essa è cagionata dal traffico che è tutto in un senso, dalle forti pendenze che sono superiori all'angolo d'attrito e dai guasti a cui vanno soggetti i vagoni nelle cave, non che dal gran numero che di questi si deve tenere in servizio attesa la divisione delle cave stesse e l'obbligo che ha la Società ferroviaria di mandare il vagone proprio nel sito dove vien tagliata l'ardesia, quantunque le vie a ciò necessarie siano fatte e mantenute dai proprietari delle cave.

La tariffa dei viaggiatori è stabilita in L. 0,11 per chilometro per la prima classe, L. 0,08 pella 2ª e L. 0,065 pella 3ª, con ribasso del quarto pei biglietti di andata e ritorno; pei lavoranti alle cave v'è una tariffa ridotta a 2 centesimi al chilometro; la tariffa pelle ardesie venne alquanto ribassata ed è di L. 0,145 per tonnellata-chilometro, essendosi conservata la tariffa antica di L. 0,177 pelle altre merci, che tutte vanno in salita.

Questa ferrovia venne recentemente estesa, collo stesso scartamento, fino a Blaenau per cura di un'altra Compagnia, che per questo tronco acquistò due locomotive-tender a 4 ruote accoppiate fra le due casse e due piccole ruote libere dietro il focolare: la loro forza di trazione è di 318 chilogr. per ogni atmosfera di pressione netta e media nei cilindri; possono dunque sviluppare comodamente una potenza di 1300 chilogr., ed il peso totale di ogni macchina in istato di servizio essendo di 11 tonnellate, di cui circa 8,5 riposano sulle 4 ruote motrici, occorrerà un coefficiente d'aderenza di $^1/_{6,5}$ perchè quella potenza si possa effettivamente utilizzare: la superficie di riscaldamento è di metri quadrati 22,95 nei tubi e 2,65 nel focolare, ossia in totale m. q. 25,60.

V. **Ferrovie Scandinave**. — Anche su queste ritorno solamente per esporre alcuni dati a complemento della prima mia relazione.

Sulla linea di Dramman in Norvegia (scartamento $1^m,067$) vennero messe in servizio, oltre alle già descritte, due locomotive di nuovo tipo col peso di sole 8 tonnellate sulle 4 ruote motrici, le quali così portano solo due tonnellate ciascuna, ossia quanto le ruote dei vagoni e non affaticano la strada. Esse servono per treni di soli viaggiatori, pei quali riescono bene adatte potendo col coefficiente di $1/6$ sviluppare una forza di $\frac{1}{6}\,8000 = 1333$ chilogrammi, ed, in ogni caso, di 1000 chilogr. Con siffatte locomotive diviene possibile e conveniente ridurre il peso delle rotaie anche a 15 chilogr. il metro, essendo questo lo scopo che l'ingegnere Phil, promotore e direttore delle R. Ferrovie Norvegesi a scartamento ridotto, si propose nel progettare le stesse locomotive.

Per linee di maggior lavoro, il tipo più recente introdotto nelle suddette ferrovie è quello di cui le figure 8 e 9 dànno rispettivamente la pianta e lo spaccato; le ruote anteriori sono girevoli col sistema Bissel, vale a dire che le dette ruote *A* girano attorno al perno in *B*, e così possono sempre disporsi secondo le curve della strada.

Le molle delle ruote accoppiate sono riunite dalla leva di compenso *C*; il settore è diritto, sistema Allan *(D, D)*; l'alimentazione è fatta senza pompe, con due injettori; e nel focolare vedesi segnato l'arco in mattoni refrattari *E, E* ed il deflettore *F* attaccato alla porta per diminuire la produzione del fumo e per meglio economizzare il combustibile; l'inviluppo esterno del cielo del focolare è allo stesso livello del corpo cilindrico, di cui forma continuazione. I cilindri misurano $0^m,265 \times 0^m\,45$; le ruote accoppiate hanno $1^m,14$ di diametro e quelle libere $0^m,60$; la caldaia è lunga $2^m,40$, ha $0^m,90$ di diametro e contiene 107 tubi di $0^m,04$ di diametro esterno; il focolare misura $0^m,99 \times 0^m,68 \times 1^m,11$. La superficie di riscaldamento è di m. q. 33,9 nei tubi e m. q. 3,60 nel focolare, totale m. q. 37,5.

Il peso, infine, per la macchina in istato di servizio è di 17 tonnellate di cui quasi 13 sulle ruote motrici.

La sua potenza di trazione risulta quindi di 277 chilogr. per atmosfera di pressione media nei cilindri. Per una macchina di tal peso la forza non è molta; ma stimo utile darne il disegno perchè la medesima, che fu costruita da una delle migliori case inglesi (Beyer, Peacok e C. di Manchester) comprende varie particolarità molto bene studiate e di cui più volte ho parlato, senza aver mai avuto occasione di materialmente delinearle. Per poter far viaggi più lunghi di quello che permetterebbe l'acqua di riserva conte-

nuta nel recipiente che sta sui fianchi della caldaia, il Sig. Phil immaginò di collocare in alcuni dei vagoni da merci, coperti e semi-aperti ai fianchi, un recipiente d'acqua capace di circa 600 litri con un'apertura per la quale vien riempito, non che un tubo flessibile di comunicazione colla caldaia; anche questa è una novità che può in dati casi imitarsi.

Passando alla Svezia, noto che l'intiera linea da Boräs ad Uddevalla, che era solo in parte aperta quando ne diedi i primi cenni, dà ora un prodotto di L. 3375 per chilom. e le spese salgono a L. 2525: l'utile corrisponde all' 1 $^1/_5$ per cento del capitale di costruzione, che fu in media di L. 70 mila al chilometro; e si noti che nella spesa non entra ancora il rinnovamento delle rotaie e del materiale mobile!

Quanto alla linea di Uttersberg, economica per eccellenza. essa diede nel 1868 L. 3375 d'introito con una spesa di esercizio di L. 2000 al chilom. La spesa di costruzione fu, com'è noto, di L. 30000, e quindi il residuo rappresenta un utile del 4 $^1/_2$ per cento; ma anche questa spesa non comprende il rinnovamento del materiale deperibile, essendo la linea stata aperta solo nel 1866.

È ora molto agitata in Isvezia la questione dello scartamento delle future ferrovie e di quelle specialmente al Nord di Upsala. dalle quali non si può sperare un lucroso reddito e che devono servire specialmente alle ferriere o miniere. L'opinione prevalente, e pare anche la più ragionevole, è quella di fare i tronchi principali, che devono collegarsi colla gran linea Malmoe-Stoccolma, collo stesso scartamento di quest'ultima (1^m,50), e costrurre a scartamento ridotto tutte le nuove linee che devono servire per portare al mare i prodotti delle miniere. Non mancano però caldi ed intelligenti oppositori di ogni cambiamento di scartamento, i quali intenderebbero di ottenere l'economia nei tronchi secondari riducendo il peso delle rotaie, adottando locomotive leggiere e facendo luogo a tutte quelle altre riduzioni che il poco traffico ed il niun bisogno di lusso rendono possibili. La scelta fra i due sistemi dipende dalla soluzione del seguente quesito: se, cioè, l'ulteriore economia ottenibile colla riduzione dello scartamento sia o no maggiore della spesa e degli inconvenienti del trasbordo delle merci; questione che, come vedesi. non può risolversi teoricamente ed *a priori* ma vuol essere bene studiata per ogni caso che si presenta.

Però sarebbe stato meglio pel paese se fin da principio, visto la sua posizione isolata ed il non molto traffico probabile, si

fosse per quelle ferrovie adottato uno scartamento minore anche per la rete principale. Questa fu costrutta dallo Stato e misura ormai circa 1100 chilom., i quali, a dir vero, costarono poco, cioè in media circa L. 116000 cadauno; ma l'introito nel 1869 non fu che di L. 8200 al chilom. con una spesa di L. 4550; per cui il residuo è pari al 3,1 per cento. È vero che, attese le basse tariffe adottatesi, quelle ferrovie sono di molto utile generale al paese; ma per così poco traffico è evidente che il loro scartamento eccede il bisogno. Certo che, indipendentemente anche dall'utile generale, esse sarebbero riuscite per sè stesse proficue se, 15 anni or sono, si fosse ascoltata la voce del mio onorevole amico il conte di Rosen, che propose lo scartamento ridotto. Egli però, vinto nella lotta sulle ferrovie dello Stato, fu il primo autore delle ferrovie ristrette costrutte dai privati, delle quali già ebbi a dare i più ampi particolari.

VI. Ferrovia di montagna in Ungheria. — I seguenti dati sono tolti da una corrispondenza del *Times* dello scorso anno.

Già nel 1868 erasi fatta, nella proprietà dell' Arciduca Alberto a Teschen (Silesia), una linea del sistema di cui parlerò qui appresso lunga 1800^m. Ma un'applicazione in più grande scala ne fu fatta due anni dopo nel dominio della Corona a Diriggoi nel Nord-Est dell'Ungheria, ove abbondano gli alberi di rovere e di faggio, che finora non davano alcun reddito, il ricavo coprendo appena le spese. Ma ultimamente vi s'impiantò una fabbrica di ferro, e la ferrovia, di cui è caso, lunga 8 chilom., fu progettata dal Sig. Lopresti per condurre, sia a queste magone che nel vicino distretto della Theiss, il legname il di cui trasporto sulle vecchie strade costava un'ingente spesa. Questa ferrovia è fatta senza massicciata: si posarono sul terreno, una di seguito all'altra, delle travi di rovere larghe 0^m,35 e alte 0^m,20, ed a rari intervalli, dove la troppa ineguaglianza del terreno lo rese assolutamente necessario, si collocarono sotto la trave longitudinale delle traverse; sui due spigoli superiori della trave si misero le rotaie consistenti in lastre di ferro larghe 0^m,05 e del peso appena di chilogr. 1,5 per metro. I veicoli corrono sulle rotaie montati su due paia di ruote del diametro di 0^m,20 e la cui larghezza è tripla della distanza fra le rotaie; essi sono muniti di un freno ordinario contro le ruote e di un freno speciale consistente in due rotelle orizzontali, che possono, al bisogno, essere condotte a premere contro i fianchi della trave; ciò che,

oltre allo arrestare il treno, impedisce che i carri versino quando si scende a velocità che talora arriva ai 40 o 50 chilom. l'ora. La pendenza, ch'è dell'1 al 2 per cento pei primi chilometri, si eleva poscia fino al 6 per cento: siccome poi la linea segue tutte le sinuosità del terreno, si hanno curve di soli 11^m di raggio; predominano però quelle di 18 a 20^m. La spesa di costruzione fu di circa L. 6250 al chilom. Il servizio in salita si eseguisce ora con cavalli, ma è già fatto il progetto d'una locomotiva adatta a questo esercizio. E dopo che vidi la locomotiva pel servizio delle officine di Crewe (1), io non dubito della possibilità di far questa macchina con buon successo.

Nella discesa i vagoni scendono da sè, ma i freni sono tali che in pochi metri si possono fermare i treni anche sulla più ripida pendenza.

Il traffico è tutto in discesa, ed è questa la circostanza che rende utile l'adottato sistema. Le spese di trasporto del legname diminuirono di più della metà, anche tenuto conto dello ammortamento del capitale speso nello impianto. Quando i boschi sono esauriti, la linea si disfa molto facilmente e si trasporta altrove.

L'idea non è forse nuova, ma la linea in discorso è l'unica sinora, ch'io mi sappia, ove se ne sia fatta l'applicazione; tuttavia è manifesta in molti casi la convenienza di aver ad essa ricorso.

VII. Ferrovie elevate. — Fra le strade del predetto genere e quelle elevate per regolarizzarne il profilo non v'ha che un passo; ed il passo venne fatto. Fin dal 1837 era stato proposto in America di vincere le ondulazioni del terreno collo infiggere in esso dei pali di diverse altezze così che le loro teste presentassero una linea piana o di pendenze regolari; le teste si sarebbero poi riunite da una trave munita d'una sola rotaia ben robusta collocata sul suo mezzo e sulla quale scorrerebbe un rullo con guide, al prolungamento del quale si sarebbe, ad ambo i fianchi, appeso un veicolo; i due veicoli potevano poi riunirsi con una vôlta comune che passasse sopra il rullo, affine di dare molto maggiore stabilità a tutto il sistema; e siccome era proposto di far molto alti questi veicoli, si era ideato di munire la loro estremità inferiore di rotelle che con corrispondenti guide longitudinali attaccate ai pali avrebbero impedito ai carri di oscillare.

Questo progetto ebbe non ha molto un'applicazione a Nuova-York colla costruzione della *Ferrovia Elevata dell'Ovest* fra due

(1) vedi la nota no 1 del Giornale del Genio Civile, anno 1870, *Parte non Ufficiale*, pag. 286.

punti della città (da Battery Point alla via Trentesima). I pali sono in una sola fila e distanti 6^m l'uno dall'altro; sulle loro teste è posata una travatura in ferro ad esse collegata con ferri d'angolo: essa porta le rotaie. I carri (piccoli, bene inteso) sono mossi da una corda senza fine che riceve il moto da una macchina fissa; nei luoghi opportuni vi sono stazioni, ciascuna delle quali è collocata in qualche camera al 1° piano di una casa nell'adiacente strada; da questa per apposita scala si accede alla camera, dalla quale un ponticello conduce al treno.

Questo sistema è suscettibile di molto sviluppo e difatti già sorsero prima il Sig. Humphrey ed in seguito, nell'anno scorso, il celebre Sig. Fell, a proporre sul medesimo dei particolareggiati progetti. Il progetto Humphrey è chiaramente espresso nella sezione, fig. 10: *A* è il palo di conveniente altezza secondo il terreno; *b c* è una travatura in ferro sulle teste dei pali; questa porta le rotaie *a a*, che sono ad essa assicurate con bolloni *d*, *d*; le rotaie sono a doppio fungo; sul fungo superiore scorrono le due ruote *B*, *B*, ed i rulli *e*, *e*, contro il fungo inferiore, servono di guida e dànno stabilità al carro. L'autore propugna questo sistema specialmente per paesi nuovi, per distretti agricoli poco popolati, e vanta sia la poca spesa che costa la sua costruzione, la quale è anche indipendente dalle irregolarità del terreno, sia la rapidità con cui si può fare l'impianto; egli allega anche le poche spese di esercizio, perchè tutte le parti, essendo elevate e fuori dell'umidità del suolo, si conserveranno di più; crede poi che fra le ruote ed i rulli si possano avere un coefficiente di aderenza ed un attrito tali da potersi rimorchiare treni sulla salita del 10 per cento e regolarne la discesa, e che per la ristrettezza del binario sieno ammissibili curve di 30^m; aggiunge che i pali possono essere di legno preferibilmente creosotato od anche di ferro fuso o fucinato; che dove il terreno roccioso osta alla loro infissione possano essere surrogati da pilastrini di materiale qualunque, e che nelle curve i pali possano anche inclinarsi leggermente di quanto è opportuno per diminuire gli effetti della forza centrifuga. Per la trazione il Sig. Humphrey ideò una locomotiva pure con rulli corrispondenti al fungo inferiore dei regoli e che possono a volontà essere premuti contro questi dalla forza del vapore; così, con doppio modo di ottenere aderenza, si possono superare salite maggiori di quelle corrispondenti al peso effettivo delle macchine; oltrecchè arrestando la rotazione dei rulli si ha doppio effetto di freno nella discesa. Egli calcola infine che la spesa d'impianto con pali creosotati

distanti $4^m,50$ l'uno dall'altro e con rotaie d'acciaio, compreso il valico di un numero ordinario di corsi d'acqua, può tenersi nei limiti di L. 43750 al chilometro, escluse le stazioni e le indennità del terreno. È una spesa che non mi pare piccola, salvo che la si paragoni a quella che costerebbe la stessa strada costrutta al modo ordinario e con molte ondulazioni, od acque, o terreni cattivi.

Il progetto del Sig. Fell differisce dal predetto in ciò che le rotaie hanno una sola testa su cui girano le ruote che portano il veicolo, alla estremità inferiore del quale è, da ogni parte della trave, assicurato un rullo orizzontale che si appoggia a guide collocate lungo i pali sotto la trave. Egli è in sostanza ritornato all'idea del 1837, di cui ho sopra fatto menzione. Una linea di questo genere è stata recentemente costrutta nelle magone di Furness, delle quali il Sig. Fell è coproprietario; essa è lunga 1600^m e lo scartamento delle rotaie è di $0^m,20$: il suo costo, non comprendendo le stazioni ed il materiale mobile, fu di L. 25 mila in tutto, ossia L. 15600 al chilometro; l'altezza dei pali varia da 1 a 6 metri; l'esercizio è fatto con una macchina fissa ed una fune continua; la linea è destinata ad un trasporto di 5000 tonnellate all'anno. Non si può per anco giudicare se e fino a qual punto questa costruzione abbia corrisposto alle speranze del suo autore, il quale però propose al Governo del cantone di Vaud di applicarla alla linea da Ouchy a Losanna, la quale, al pari della tratta da Camerlata a Como, è l'oggetto dei più accaniti attacchi di tutti gli inventori. Secondo la proposta del Sig. Fell la detta linea si farebbe con rotaie distanti fra loro $0^m,45$ e capace di trasportare 1000 persone al giorno.

Devo poi notare che le ruote, le quali nel progetto Humphrey stanno dentro al carro, nella linea Fell sono fuori di esso, cioè vi ha un paio di ruote avanti ed un paio di ruote dietro al carro, che giace in mezzo ad esse: così si aumentò la base di stabilità, ed inoltre il veicolo risulta, per eguale capacità utile, meno largo, poichè i due sedili *D, D* (fig. 10) vengono nel vagone Fell a trovarsi sopra la trave ed i loro dorsi si toccano.

VIII. Ferrovie sospese. — Un altro passo nello stesso senso e siamo alle vie aeree, di cui oramai sono numerose le applicazioni in ogni parte del globo e che tuttavia possono chiamarsi *ferrovie* poichè i veicoli poggiano e scorrono sul ferro.

L'introduzione pratica, per non dire l'invenzione, di questo sistema è dovuta all'inglese Sig. Hodgson, il quale, per persuadere

il pubblico, impiantò nel 1869 a Brighton una linea di prova lunga ben 8 chilometri, che gli servì anche per istudiarne i perfezionamenti. Le figure 11 e 12 ne rappresentano così chiaramente i particolari che non occorrono spiegazioni. A chi non conoscesse i principii di meccanica può parere che il vagone debba rovesciarsi; ma ciò non è, perchè il suo centro di gravità *A* corrisponde al punto di sospensione, cioè si trova sulla stessa verticale; esso vagone è girevole attorno al punto d'attacco *o* e così lo si può facilmente scaricare; il carretto *c* che porta il vagone poggia sulla fune *F* direttamente per la sua scanalatura, nella quale la fune trovasi abbrancata così che, questa movendosi, il vagone muove con essa e non potrebbe scivolare meno che in pendenze superiori al 15 o 20 per cento; i rulli *B*, *B* attaccati al carretto servono a sollevare questo dalla fune nelle curve ove esso l'abbandona e percorre la curva, correndo colle dette ruote *B* sopra un canaletto in legno posto all'esterno di essa. La fune, che è senza fine, vien mossa, sulla linea di Brighton, da una macchina fissa situata ad una estremità della linea, la di cui capacità è di 240 tonnellate trasportate ogni giorno in 10 ore di lavoro, cioè 120 tonnellate in ciascun senso. I pali sono distanti d'ordinario 100^m l'uno dall'altro, ma al bisogno si possono collocare a distanza maggiore, purchè la catenaria non sia tale che la sua tangente possa mai fare coll'orizzonte un angolo maggiore di quello corrispondente all'accennata pendenza. Con questa riserva l'aumento della distanza dei pali non cagiona che un aumento nella occorrente forza motrice, la quale è in proporzione della catenaria, ossia della tensione della fune.

I vagoni, o, come possono piuttosto chiamarsi, le secchie si appendono alla fune, al punto di partenza, a ragionevole distanza l'una dall'altra; giunte alla destinazione, le ruotelle *B B* servono a condurle fuori della fune, la quale continua sempre il suo moto, mentre le secchie, portate dai rulli su di un piano orizzontale, si arrestano e vengono scaricate; il modo di attaccarle alla fune è analogo.

L'inventore ha costituito una Società, la quale offre di fornire il materiale necessario all'impianto di questo sistema di trasporto ai seguenti prezzi:

Per una linea con pali di legno, fune di fili di ferro fatto al carbon di legna, con motore a vapore composto di macchina e caldaia, e per ogni chilometro, il tutto consegnato franco a bordo in Inghilterra: L. 3150 per capacità di trasporto di 50 tonnellate per ogni 10 ore di lavoro; L. 4725 per capacità doppia;

L. 7875 per capacità quadrupla, e così via via fino a L. 23500 per capacità di 1000 tonnellate al giorno.

Più per le due stazioni terminali, indipendentemente dalla lunghezza della linea: L. 2500 per linea da 50 tonnellate, con aumento fino a L. 12500 per capacità di 1000 tonnellate al giorno.

Più pel materiale mobile in legno e ferro: L. 625 al chilometro per una linea da 50 tonnellate, crescendo fino a L. 6250 per una linea da tonnellate 1000; o, se il materiale mobile sia tutto in ferro, L. 850 nel 1° caso e L. 7500 nel 2°.

Inoltre per una fune di acciaio si paga in più L. 625 al chilometro nel primo caso e L. 6250 in quello di una linea capace di 1000 tonnellate al giorno.

Infine se si vogliano pali in ferro anzichè in legno, ne deriva un ulteriore aumento di L. 547 al chilometro nel primo e L. 3125 nell'ultimo caso.

A queste spese si ha da aggiungere quella del collocamento in opera, che si calcola essere il 15 per cento della spesa di provvista; più quella del trasporto dall'Inghilterra al luogo d'impiego.

Con questi elementi ognuno può fare il calcolo del costo di una qualunque linea; le spese d'esercizio poi sono dall'inventore calcolate, in media, come segue, per una linea di 15 chilometri:

Per un traffico di 50 tonnellate al giorno	L.	0,16	per tonnellata-chilometro.
» » » 100 » »	»	0,11	
» » » 200 » »	»	0,095	
» oltre a 200 tonnellate »	»	0,07	

Questo preventivo comprenderebbe l'interesse ed il rinnuovamento del materiale di primo impianto; ma io non posso garantirne l'esattezza, non avendosi sinora sufficienti dati dall'esperienza.

Il sistema è specialmente raccomandato per uso di miniere e cave, o per trasporto di materie greggie nelle raffinerie di zucchero, nelle fabbriche di ferro, nelle piantagioni di caffè, zucchero o cotone, nelle polveriere, nei distretti abbondanti di creta refrattaria e simili. Se ne contano al dì d'oggi più di 45 applicazioni sparse in ogni parte del globo. Dirò più in distese di quelle fattesi nelle miniere d'oro di Pestarena e Val Toppa in provincia di Novara, che ebbi occasione di visitare.

La linea di Val Toppa è lunga 2800^m con una total differenza di livello di 450^m; la salita media è dunque del 16 per cento; alcune tratte avevano perfino il 30 per cento; ma queste si dovettero ridurre, essendosi trovato che coll'indicato sistema d'at-

tacco delle secchie alla fune, queste scivolavano su pendenze maggiori del 17 al 18 per cento, specialmente in tempo umido, e retrocedendo battevano contro le puleggie dei pali e si rovesciavano talvolta con pericolo delle persone sottostanti. Ma per diminuire questo inconveniente venne ideato il nuovo carretto, di cui la fig. 13 dà la sezione unita alla puleggia di sostegno, la fig. 14 il prospetto e la fig. 15 la pianta: *A* è la puleggia infissa al palo e su cui scorre la fune *B*; il carretto si compone del blocco in legno *C, C*, cui sono annesse le rotelle *D D* per l'uso che ho indicato; i tacchi *E, E* (fig. 13 e 15) girano sull'asse *F*; il loro profilo *a b a' b'* (fig. 15) è un arco di circolo che non ha centro in *o*; ne segue che quando la fune è agguantata fra le due superficie *a b, a' b'*, teoricamente non può più uscirne a cagione della detta eccentricità. Con questo miglioramento, introdotto da pochi mesi, si spera di poter vincere salite di 1:4 senza pericolo che le secchie scivolino indietro.

Nella fig. 11 vedesi in *L* il tronco del manico che porta la secchia, la quale passa sotto la puleggia *A*; questa secchia pesa, col manico, 11 chilogr. e ne contiene 25 di minerale; le puleggie primitive avevano il diametro di 0^{m},90, che in quelle nuove (*A*) si ridusse a 0^{m},60 affine di raccorciare il manico della secchia ed impedire che essa, trovandosi inclinata nelle curve, tocchi nei pali. La corda è composta di 5 gruppi di fili di acciaio di 4 fili ciascuno; ha 0^{m},012 di diametro e costò L. 1,50 il chilogramma. Ma ora è trovata debole, avendosi frequenti rotture, e si sta così per cambiarla con altra più robusta. La forza motrice è data dall'acqua dell'Anza con cui si fa girare una ruota idraulica, che dà il moto ad una gran puleggia, intorno alla quale riceve il moto la corda senza fine. La pratica dimostrò che la detta puleggia, stata adottata in sostituzione a precedenti complicati meccanismi e la quale è munita di canape nella sua scanalatura, presenta il necessario attrito perchè la fune non scivoli. Il canape però si logora presto e deve rinnovarsi ogni mese. Il coefficiente dato da questa puleggia così armata si calcola di 0^{m},60.

La corda di Val Toppa è progettata per trasportare 50 tonnellate al giorno; ma si cammina a velocità di 5 chilometri l'ora e finora non si caricò la fune che di 50 secchie cariche e di altrettante vuote, il che dà 1250 chilogr. per ogni viaggio che dura ½ ora. Con questo carico le secchie discendenti *cariche* non bastano per far salire le vuote ed occorre dispendio di forza motrice; si crede però che con 100 secchie cariche ed altrettante vuote, quante ne occorrono perchè la fune in 10 ore

di lavoro possa trasportare le pattuite 50 tonnellate, il sistema diverrà automatico.

La distanza fra i pali è varia, la massima è di 320^{m}; dove un palo è più depresso degli adiacenti la fune si fa passare sotto la rispettiva puleggia del palo più depresso, ed ivi si mettono, avanti e dietro a questa, due altre puleggie collegate fra loro da fune senza fine, sulla quale passa il carretto abbandonando così la fune principale che va a passare sotto la puleggia depressa: al quale scopo le dette due puleggie sussidiarie hanno una doppia scanalatura, di cui una riceve la fune generale, l'altra la fune che va fra esse due puleggie e porta la secchia dall'una all'altra.

Quando per la pendenza della linea e la direzione del carico il sistema diviene automotore, esso può facilmente riuscire conveniente. Lo stesso dicasi nel caso in cui, occorrendo una forza motrice, questa possa aversi gratuitamente, come avviene a Pestarena ed a Val Toppa; ma negli altri casi devesi far entrare in calcolo la spesa del motore; al quale scopo gioverebbe grandemente il conoscere quale è l'effetto utile che si può ottenere con questo sistema.

In questo intento io mi recai alle prove di Brighton e feci alcune osservazioni a Val Toppa, ma finora non sono riuscito a formarmi un preciso criterio al riguardo; ora una, ora un'altra circostanza mi hanno sempre impedito di istituire esperienze concludenti su questo argomento.

Descriverò il modo di staccare i vagoni carichi e riattaccare quelli vuoti a Piedimulera (che è l'estremità inferiore della linea di Val Toppa), perchè esso serve a dare una precisa idea anche del passaggio delle secchie nelle curve ristrette, delle quali possono farsi anche di quelle per cui la fune si ripiega intieramente e che misurano 180° o poco meno.

S'immagini adunque che A (fig. 16) sia la fune la quale, carica di secchie piene, procede nel senso della freccia e che le secchie siano a deporsi nel locale B: giunta una secchia in C (ove la fune si abbassa rapidamente e facendo il giro A' A'' ritorna in C' allo stesso livello di C) la rotella destra del suo carretto (fig. 13) viene sostenuta da una rotaia posta sul canale D, D' D'', D''', che, orizzontale od in lieve salita fino al suo mezzo, ha poi una piccola pendenza dal suo mezzo E verso D'': fra D ed E adunque si arresta la secchia, che vien tolta dalla corda per mezzo dei manovali, dai quali essendo poi le secchie vuote riposte fra E e D'', queste, pella pendenza del canale, vanno da sè in D''' ove abbrancano la fune C, il cui moto è continuo, e

sono trasportate alla opposta estremità della fune, ove con analogo congegno sono tolte dalla fune per essere caricate. Si comprende come nelle curve, specialmente se succedono ad una discesa, le secchie per l'urto ricevuto percorrano da sè tutto il circolo D, D''', anche se fosse orizzontale, e si rimettano sulla fune.

Indipendentemente dal Sig. Hodgson, un'applicazione di questo sistema è stata fatta in alcune miniere inglesi di litantrace. Pel trasporto nelle gallerie orizzontali o poco inclinate si usa talora la trazione diretta a vapore, se vi è buona ventilazione per disperdere il fumo della locomotiva; più sovente si fa la trazione per mezzo di una fune mossa da una macchina fissa fuori della galleria. I sistemi a fune sono parecchi; talvolta, e specialmente quando le pendenze sono tutte in un senso, la fune non è continua ed ha ad un capo il treno ascendente ed all'altro il treno discendente, la cui gravità viene così utilizzata; questo modo può anzi divenire autonomo se la pendenza sia almeno del $3\,{}^1/_3$ per cento, a tanto ascendendo la resistenza dei vagoni (che in quelle circostanze sale al 2 per cento del loro peso) sommata con quella della fune. Ma se le pendenze sono irregolari, si trova conveniente partito di distribuire i vagoni lungo la fune a distanza di circa 20^m l'uno dall'altro; così è probabile che sopra ogni livelletta si trovino all'incirca tanti vagoni in ascesa quanti in discesa; la fune poi riceve il moto da una macchina fissa fuor di galleria. In questo caso i vagoni non sono sospesi ma scorrono sulle rotaie. Essi portano al fianco un uncino, su cui posa la catena o fune, e l'attrito prodotto dal suo peso basta perchè questa nel moto trascini seco il vagone. È evidente che, ogni volta che dal punto di partenza dei vagoni carichi a quello di arrivo vi sia discesa, la gravità di questi viene resa utile ancorchè vi fossero delle contropendenze, e ciò purchè i vagoni siano bene e regolarmente distribuiti a non lunghi intervalli; che se questa discesa media sia del $3\,{}^1/_3$ per cento il sistema diventa autonomo non ostante le irregolarità e le contropendenze del profilo, ciò che non potrebbe in altro modo ottenersi.

Questo sistema sarebbe nella sua applicazione assai più esteso se non avesse l'inconveniente di richiedere un doppio binario, che è talora costoso e difficile a praticarsi nelle gallerie di carbone, ove sovente occorre di doverne armare o sostenere il vòlto ed i fianchi.

IX. Ferrovia di S. Leone. — Ridiscendo a terra per dare una breve descrizione di questa ferrovia, quantunque mi dolga d'apprendere dalla dottissima relazione presentata nello scorso maggio al Parlamento dal signor Ministro Sella sulle miniere di Sardegna, che essa giace ora inoperosa per essere divenuto improduttivo il lavoro d'estrazione del minerale di ferro, al trasporto del quale la medesima serviva.

Questa linea, costrutta dopo il 1865, è lunga poco più di 15 chilometri ed ha, od aveva, per iscopo il trasporto, come sopra ho detto, del minerale dalle miniere al mare: fatta sul sistema ordinario con rotaie a scartamento di $0^m,80$ da centro a centro presenta il seguente profilo: da S. Leone si contano 1000^m in salita del 4; altri mille con quella del 2; poi un chilometro colla pendenza dell' 1,10, ed infine 1800^m con quella di 0,5 per cento; si giunge così a Santa Lucia. Di là a Capoterra, per una tratta di 6500^m, le pendenze non eccedono l' 1 per cento. Da Capoterra comincia una breve contropendenza del 3 per mille e si giunge alla sommità della linea (alla Maddalena) colla pendenza dell' 1 per cento. Le curve più ristrette hanno 45^m di raggio; le rotaie pesano 13 chilogrammi al metro; ma le locomotive non pesano che 6500 chilogrammi ripartiti su 4 ruote di $0^m,76$ di diametro; esse hanno cilindri di $0^m,204$ di diametro e possono tirare, oltre sè stesse, 65 tonnellate, ossia 14 vagoni carichi nella discesa, nella quale non s'incontra che l'indicata contropendenza; fanno però anche maggiore sforzo in salita rimorchiando i detti 14 vagoni vuoti, il cui peso sale a 19,6 tonnellate.

Le traversine misurano $1^m,40$ in lunghezza e $0^m,14 \times 0^m,16$ di sezione; sono di leccio e costano L. 2,40 l'una; il loro spaziamento è di $0^m,90$ da centro a centro nei rettilinei e $0^m,70$ nelle curve ristrette.

I vagoni pesano 1400 chilogrammi e portano un peso triplo. All'opposto dei vagoni di Pontséricourt, questi hanno il telaio in rovere e la cassa in lastra di ferro della grossezza di 7 millimetri; il fondo è in lastre di millimetri 9; le ruote sono in ghisa con raggi in ferro ed hanno $0^m,64$ di diametro. Il freno consiste in un blocco di legno con manovra a vite e manovella come nei veicoli ordinari. Con un traffico di tre convogli al giorno la spesa di trasporto per l'intero tratto veniva a risultare di L. 0,75 per tonnellata, ossia L. 0,05 per tonnellata-chilometro; il macchinista era pagato L. 2400 all'anno, i fuochisti ed i frenatori L. 2,75 al giorno.

Questa strada era stata cominciata collo intendimento di e-

sercitarla a cavalli; ma poi si calcolò che meglio conveniva una trazione a vapore, come è evidente se se ne considerino le forti pendenze.

In questo caso la contropendenza non produce altro cattivo effetto se non quello di fare elevare inutilmente il treno; di ben maggior danno essa sarebbe ove fosse tale da impedire alla macchina di rimorchiare nel senso della medesima, ossia in discesa, lo stesso numero di vagoni carichi che può tirar vuoti nel senso opposto. Il mantenere le resistenze della discesa nei limiti di quelle della salita sulle linee costruite con contropendenze fra due punti di ineguale altezza e dove il traffico sia principalmente in discesa, è una delle principali condizioni economiche cui deve soddisfare un buon profilo. Ma se l'equilibrio debba rompersi, la contropendenza, ove l'economia della costruzione lo richieda, può spingersi al punto che una delle rammentate resistenze diventi un moltiplo dell'altra, poichè allora si potrà, sulle tratte più difficili, dividere il treno in due o più parti (parlo di linee per soli materiali), utilizzando in ogni viaggio tutta la forza della macchina: al quale intento bisognerà avere l'avvertenza di raggruppare possibilmente quelle contropendenze.

X. **Ferrovia di Monteponi.** — Nella particolareggiata descrizione che feci altravolta di questa ferrovia (1) — descrizione che sarebbe inutile di qui ripetere — accennai al materiale mobile che aveva per essa progettato. Ora questo materiale è fatto e trovasi sul posto, cosicchè posso darne particolareggiati ragguagli. Le figure 17 e 18 presentano la sezione in lungo e la pianta della locomotiva; il diametro delle 6 ruote accoppiate è di $0^m,75$ e la loro base estrema di $2^m 10$, colla quale si può camminare comodamente nelle curve di 100^m. che la linea presenta. I cilindri misurano $0^m,275 \times 0^m,375$; quindi si ha una forza motrice di 378 chilogr. per ogni atmosfera di pressione netta nei cilindri. E siccome si voleva una forza totale di 2000 chilogr., pella quale occorre che quella pressione risulti di $5 \frac{1}{3}$ atmosfere, così si stabilì di lavorare in caldaia a pressione di 150 ll.; colla quale la pressione media di $5 \frac{1}{3}$ atmosfere si può ottenere senza perdere il beneficio dell'espansione, la quale anzi può farsi per più della metà della corsa. Il peso della macchina vuota riuscì secondo il progetto, ossia di tonnellate 12,1; in istato di servizio il peso si avvicina a 16 tonnel-

(1) V. Giornale del Genio Civile — *Parte non ufficiale* del 1870.

late, poichè, oltre all'acqua in caldaia la macchina porta un recipiente per 2000 litri d'acqua ed un altro per 300 chilogrammi di carbone, che sono più che sufficienti per evaporarla: basterà dunque il coefficiente di $^1/_8$ perchè le ruote non scivolino quando la macchina sviluppa la forza normale di 2000 chilogrammi. In tempi asciutti poi e diminuendo la espansione si può fare uno sforzo anche di 2700 chilogrammi. La superficie di riscaldamento è di m. q. 39,50 in totale: fu calcolata così da mantenere una velocità di 16 chilometri anche collo sforzo massimo. La macchina ha dunque una forza di 135 cavalli ed il suo peso è di chilogrammi 90 per cavallo. Se la paternità non mi accieca, mi paiono, queste, ottime condizioni che non s'incontrano sovente nelle locomotive e che qui si ottennero coll'utilizzare tutto il peso della macchina e delle provvigioni per l'aderenza, pur contenendo entro stretti limiti la lunghezza di base delle ruote e coll'adottare un'elevata pressione di lavoro. Il prezzo di questa macchina, portata in Sardegna, è di L. 27050, ossia L. 2,23 al chilogr.; non è molto per una locomotiva di così poco peso e di tanta forza; anzi ho ragione di credere che in questo affare il costruttore non ha fatto guadagni.

Le macchine provviste sono 3 e si corredarono di pezzi di ricambio per L. 10500, essendosi giudicato prudente un buon corredo in un paese ove non si hanno officine meccaniche per provvedere prontamente ai bisogni eventuali del servizio delle macchine.

Il focolare è in rame; le ruote in ferro, con cerchi d'acciaio Bessemer, sono equilibrate con blocchi di ghisa; la caldaia è di lastre Lowmoor; l'alimentazione si fa con una pompa ed un apparecchio Giffard; vi è pure l'apparecchio Lechatellier in sussidio al freno ordinario sulle ruote. Insomma non si sono fatte piccole economie nell'acquisto per averne una molto maggiore nell'esercizio.

Le fig. 19, 20 e 21 rappresentano il disegno dei vagoni, che furono fatti a Milano nelle officine del Sig. Bauer; per conciliare la necessità di avere vagoni coperti colla facilità dello scarico, si fece girevole sul perno *A* (fig. 21) il semicoperchio *A B*, per alzare il quale serve il manubrio *c*; *D D* (fig. 19) è la porta che si apre dall'alto al basso girando su perno orizzontale; essa si tiene chiusa coi fermagli *a*, *a* e porta inoltre in *b* un lucchetto che si chiude a chiave.

Dopo di aver fatto un bilancio dei vantaggi e degli svantaggi, si abbandonò l'idea delle ruote in ghisa senza cerchio e

si fecero in ferro, sistema Arbel, di $0^m,70$ di diametro e guarnite di cerchione largo $0^m,09$ e grosso 30 millimetri: da ciò risultò un aumento di spesa di L. 120 per vagone e, per contro, un risparmio di peso di chilogr. 126.

La cassa ed il telaio sono di legno di rovere, salvo il fondo che è di pioppo, ricoperto però di lastra di ferro di 2 millimetri; il semicoperchio mobile e l'altra metà fissa sono in lastra pure di 2 millimetri rinforzata con ferri d'angolo; le lungherine misurano $0^m,20 \times 0^m,10$ di sezione; la cassa è lunga $2^m,80$, larga $1^m,60$ ed alta $0^m,90$ all'origine del coperchio; è dunque capace di 4 m. c. oltre allo spazio sotto i pioventi.

I vagoni sono muniti di robuste molle di sospensione, che sotto un carico di 4 mila chilogr. ciascuna fanno una freccia di 9 centimetri, ma non sono giunte al limite della loro elasticità poichè la freccia sparisce affatto, rimosso il carico.

L'apparecchio di trazione è munito di molle in caoutchouc; ma i paracolpi sono rigidi e fermati dalle stesse teste delle lungarine prolungate, rinforzate e cerchiate di ferro *e, e,* (fig. 20). L'unione dei vagoni si fa con catena e senza tenditore; non vi sono catene di sicurezza.

Il freno è applicato ad una metà dei vagoni e nel modo solito con manovra a vite; è maneggiato da un uomo seduto allo scoperto in *F*.

La portata del vagone è di 5 tonnellate; il peso, senza freno, previsto in chilogr. 2200, risultò in fatto di chilogr. 2020, ossia: cassa, chilogr. 1270; molle di sospensione e bossoli, 170; ruote 580; il freno pesa 196 chitogr.: indi il peso medio emerge di $\frac{2020+2216}{2} = 2118$. Il rapporto fra il peso del vagone e quello del carico è dunque di circa 2:5; e questo è molto, ritenuto che si tratta di vagoni *coperti* di ferro; è del resto una proporzione molto migliore di quella dei vagoni di Broelthal, che pure sono scoperti.

Il prezzo di quei vagoni, consegnati a Genova, è di L. 1540 cadauno compreso il freno; è il prezzo più conveniente che si ebbe, anche in confronto di quelli di fabbriche estere. Oramai, per veicoli ferroviarii, è un delitto contro il paese il comprarli fuori d'Italia, eccetto quando qui non se ne potesse aver la consegna nel tempo in cui se ne abbisogna.

Per uso del personale della strada e delle miniere si fecero fare dal Sig. Bauer anche due carrozze, l'una di 1ª classe (fig. 22 e 23), l'altra mista di 2ª e 3ª classe (fig. 24 e 25); la prima è a

salone e contiene 12 posti: l'altra è a tre compartimenti con sedili trasversali e con 6 posti per compartimento; non ne dirò il prezzo, perchè trattavasi di *una prova*, ed il prezzo pattuito non è forse quello che potrà farsi in avvenire per larghe provviste, per cui non riesce istruttivo il conoscerlo.

XI. **Ferrovia da Anversa a Gand.** — Ho da aggiungere al mio precedente rapporto su questa ferrovia, a scartamento di $1^m,10$, che gli introiti dopo di allora non sono diminuiti, anzi crebbero da L. 853484 nel 1866 a L. 875222 nel 1868, pari a L. 17500 al chilom.; ma sono pure cresciute le spese, che da L. 489235 si elevarono a L. 505468, ossia L. 10110 al chilom.; quindi il residuo da L. 364249 s'elevò solo a L. 369754, che però bastano a dare più del 7 per cento agli azionisti. La Compagnia continua nel saggio e prudente metodo di attribuire *tutte* le sue spese all'esercizio; vale a dire che il capitale non si aumenta mai con ulteriori versamenti o prestiti, ma tutto quel che occorre per i miglioramenti si prende dagli utili o dagli esuberanti fondi di riserva e si addebita poi nominalmente al capitale, il quale in origine era di L. 4,700,000 ed ora, senza ulteriori sborsi, è salito a circa L. 5,200,000; ed è a quest'ultima somma che si riferisce l'interesse del 7 per cento sovra calcolato, il quale, riferito invece al capitale primitivo e reale, corrisponderebbe circa all'8 per cento.

Ho dato queste poche cifre per aver occasione di presentare sopra una questione molto importante per noi, quella dei trasbordi, alcune osservazioni basate sull'esperienza stata fatta nella stazione di Lockeren, ove questa ferrovia a scartamento ridotto si collega alla rete dello Stato, e le quali vennero esposte dall' egregio Sig. Ing. Regnard in una sua memoria trasmessa alla Società degli Ingegneri Civili di Francia.

In questa stazione di Lockeren la ferrovia a scartamento ridotto è dunque attraversata dalla linea governativa a scartamento di $1^m,50$, ed il movimento di scambio delle merci fra le due linee monta a circa 15000 tonnellate all'anno, le quali devono travasarsi; il trasbordo si opera a braccia d'uomini nel modo più primitivo, eccetto quello delle grosse pietre e dei grossi pezzi di macchine, pei quali si adopera una gru di forte portata nel seguente modo: i vagoni della linea piccola vengono ad accostarsi al fianco di quelli grandi, oppure si mettono di seguito a questi sulle linee a tre rotaie, ed ambo i vagoni si spingono sotto l'apparecchio, che consiste in una capra attaccata ad

un tripode infisso nel terreno e munita di verricello. I carboni e le altre merci sciolte si trasbordano colla pala. La spesa adunque di questo travaso vuol essere considerata come un *massimo*, ed essa risulta come segue: quella totale del servizio della stazione sale a L. 6685, dalle quali sono da dedurre L. 2007 pel personale del servizio dei viaggiatori; restano così L. 4678 pel servizio delle dette 15000 tonnellate di merci, ossia L. 0,311 per tonnellata. Quanto alle avarie derivanti dal trasbordo, e di cui si fa tanto caso da taluno, esse cagionarono su tutta la linea nell'anno 1867 il pagamento di L. 1150 di indennità per un movimento totale di 50 mila tonnellate di merci, il che corrisponde a L. 0,024 per tonnellata; ma nella stazione di Lockeren le indennità pagate non montano che a L. 0,007 per tonnellata maneggiata nella stessa stazione.

Il prelodato Sig. Regnard parla anche di una ferrovia privata per uso agricolo costruttasi nel Belgio con uno scartamento di $0^{m},60$, sulla quale il trasbordo dai vagoni piccoli a quelli grandi o viceversa si fa coll'intermedio di un pianerottolo rilevato come a Böras (Vedi la già citata mia relazione) e vien dato a cottimo per L. 0,15 la tonnellata; questo prezzo in certe stazioni si elevò ad un massimo di L. 0,18; altri 3 centesimi sono da aggiungersi per le spese di sorveglianza, di riconoscimento delle merci ecc.

Io credo che questo esempio, meglio di quello di Lockeren, rappresenti la vera spesa dei trasbordi.

XII. **Ferrovia monoguida.** — Delle ferrovie ad una sola rotaia, come quella del Sig. Larmenjat ed altre affini, di cui una ideata e proposta da un distinto ingegnere Italiano, nulla qui dirò, avendo trattato già assai diffusamente quest' argomento nella mia relazione al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che venne resa di pubblica ragione nel luglio dello scorso anno (1). Mi limito a far menzione di questo genere — che è senza dubbio essenzialmente economico — solo perchè la rivista non abbia ad apparire incompleta. Si è costituita adesso a Lisbona una Società col capitale di 5 milioni in azioni e L.3750000 in obbligazioni per la costruzione di circa 110 chilometri di strade, sistema Larmenjat, parte pel servizio interno della città, parte pei sobborghi e parte infine per le vicine cave di marmo di Pero Pinheiro.

(1) V. *Parte non Ufficiale* del Giornale del Genio Civile, anno 1870 pag. 297,

La Società ebbe dal Governo la necessaria concessione e fece contratto con un appaltatore, il quale deve eseguire la detta estensione di linee e munirle di 26 locomotive, 75 vetture ed 86 vagoni, il tutto per L. 7,750,000, di cui però tre milioni sono pagabili in obbligazioni alla pari. Come vedesi la spesa corrisponde a L. 70450 il chilom. e non è grave, considerando la località ove deve impiantarsi la ferrovia, che è nell' interno e nei dintorni di una capitale che conta circa 300 mila abitanti

XIII. **Ferrovie ad ingranaggio.** — Quantunque in apposito rapporto io abbia già riferito sulla ferrovia ad ingranaggio del Monte Washington (America) (1), tuttavia la ferrovia del Righi è di troppo recente attualità perchè da me si lasci senza un cenno; ne presento adunque breve descrizione.

La sua lunghezza è di circa 5 chilometri; comincia a Fitznau in riva al lago dei 4 cantoni, si arrampica pel Righi, ma, salvo a giungere più tardi alla vetta, s'arresta intanto poco oltre Kaltbad ad un' altezza di 1200^m sopra il lago; la pendenza media è dunque del 24 per cento e la massima giunge al 25 per cento; le curve più ristrette hanno 180^m di raggio. Le opere d'arte principali consistono in una galleria di $17^m,50$ ed un ponte a travatura metallica di tre luci di $25^m,50$ cadauna, col pavimento largo $4^m,20$. I muri di sostegno, i viadotti, i ponticelli sono tutti fatti con pietra del luogo. Le due stazioni estreme sono provviste di quanto è necessario al servizio della macchina; a mezza via, nella stazione di Freyburg, vi è l'occorrente per l'incrociamento dei treni. Coll'ingranaggio non essendo possibili gli sviatoi ordinarii, si ideò pello scambio dei binarii un settore *A B* girevole sul suo centro *o* (fig. 26); il treno viene a posarsi sulla tratta *A C*, essendo *T T* il binario principale; allora il settore gira ed il treno s'affaccia al punto *D*, ove prende la via di scarto *S'* munita pure dell'ingranaggio. L'armamento è disegnato nella fig. 27; *a*, *a* sono le due rotaie ordinarie; nel mezzo vedesi la cremagliera composta di due ferri a doppio angolo *b b*, *b' b'* bollonati alle traverse e fra i quali sono messi dei piuoli vuoti *c* che formano il dente della cremagliera e sono assicurati ai ferri d'angolo coi bolloni *e*; le traversine *A A*, lunghe $2^m,25$ e $0^m,75$, posano sulla roccia, che è tagliata alla profondità di circa $0^m,30$ per riceverle. Le rotaie, sistema Vignole, pesano da 15 a 20 chilogr. il metro lineare.

(1) V. *Parte non Ufficiale* del Giornale del Genio Civile, anno 1869, pag. 240.

La fig. 28 dà un'idea della locomotiva coll'unico carrozzone formante il treno. La caldaia è verticale e lavora a 9 atmosfere di pressione: essa però non trovasi in posizione perfettamente verticale se non quando sta sulla pendenza del 25 per cento; la macchina pesa tonnellate 12,5 ed è munita di 4 ruote ordinarie *A, A'*, ma sul mezzo dell'asse di queste ultime è infilzata la ruota dentata che deve lavorare nella cremagliera, ed ai fianchi di questa stanno due altre ruote dentate, che ricevono il moto da un pignone infilzato sull'asse-motore *a*, che è fatto girare dagli stantuffi dei cilindri *C*; in *B* sta l'acqua ed il carbone di alimentazione; *D* è uno spazio per bagagli.

La locomotiva sta sempre rimpetto al vagone nella posizione indicata nel disegno; così essa spinge il treno in salita e lo trattiene in discesa, ma non è accoppiata con esso; è anche munita di freno ordinario sulle ruote, ma il mezzo principale di trattenere il treno consiste nell'ingranaggio mosso in senso contrario.

Il carrozzone è a due piani; quello inferiore contiene 46 e l'altro 36 persone; i sedili, che dapprima s'erano fatti oscillanti, ora sono fissi e così collocati da essere orizzontali quando il carro è sull' accennata pendenza. Il treno del resto non abbandona mai questa pendenza, che, sul binario principale, è conservata anche nelle due stazioni estreme ove il treno giunge e parte.

Tutto il progetto è opera dell'ingegnere svizzero Sig. Riggenbach; la spesa per la strada e pel materiale mobile, che si compone di 3 locomotive, tre carrozzoni e tre vagoni da merci, fu di circa L. 1,300,000. La speculazione si fonda sopra un presuntivo introito di L. 150000 ottenibile da 30000 viaggiatori a L. 5 ciascuno, essendosi supposto che i $\frac{3}{4}$ dei 40000 che ogni anno ascendono il Righi approfitteranno di questa ferrovia. Una metà di essa fu aperta nell'autunno ultimo scorso; il resto nel giugno del corrente anno; sento però che la tariffa in discesa fu ridotta a L. 3: il che vuol dire che a molti di coloro, che salgono, ripugna il discendere con questo mezzo.

Io non ebbi tempo di visitare questa curiosità; ma passando un mese fa pel Lago vidi scendere un di quei treni con moto molto regolare; la velocità normale è da 5 a 6 chilometri l'ora.

Qui viene a proposito un'avvertenza: io non colloco nè questa ferrovia nè quella del Fell, nè altre che hanno per base la aderenza artificiale, fra i sistemi essenzialmente economici; inutili in piano essi non possono applicarsi che a superare forti salite, il cui esercizio non potrà mai essere economico con un sistema che obbliga a tirare su col treno anche il motore e non

permette di utilizzare le forze gratuite che il luogo potrebbe fornire; tuttavia gli stessi sistemi, quando sono portati a quel grado di perfezione meccanica che si richiede per fare un esercizio sicuro ed abbastanza regolare, possono sostituirsi, almeno provvisoriamente, a certi costosi trafori ed essere così causa di considerevole risparmio nella costruzione; come pure forniscono un mezzo eccellente di salire quando il raggiungere un dato punto culminante sia lo scopo del viaggio, come è il caso al Monte Washington ed al Righi.

XIV. **Ferrovie ristrette in Russia.** — In questo paese così vasto e così poco popolato è naturale che le ferrovie economiche e ristrette siansi fatta strada. Al principio del 1870 il Governo Russo mandò una Commissione presieduta dal conte Bobrinsky ad esaminare la piccola linea di Festiniog e studiarvi anche la macchina Fairlie, che vi si trovava applicata e di cui ho dato più sopra ragguaglio. In seguito il principio venne ammesso, essendosi però prescelto lo scartamento di 1,067 come quello di Norvegia, col quale venne decretata la costruzione di una ferrovia di 60 chilom. da Vierhovia a Livny diramandosi dalla linea principale Orel-Eletz; essa fu aperta all'esercizio nello scorso marzo. Fu parimenti fatta la linea da Novgorod a Tchudowa, collo stesso scartamento; sono degni d'attenzione in questa ferrovia i vagoni per le merci, che, quantunque coperti, pesano tonn. 2 $^2/_3$ e ne portano 6, e quelli scoperti, i quali pesano, colla tara, tonn. 2,2 e ne portano egualmente 6. Questi vagoni sono lunghi $5^m,35$ e larghi $2^m,20$ ed hanno un solo respingente nel mezzo, entro il quale sta l'uncino di trazione; sono montati su 4 ruote di 0,70 di diametro con raggi in ferro e mozzo in ghisa cerchiato di ferro. Il telaio è di rovere e la cassa d'abete; il tetto, in quelli coperti, si compone di centine in ferro ricoperte di listine di legno e sopra queste trovasi una tela incatramata; le molle di sospensione sono in acciaio e quelle dei respingenti si compongono di 6 foglie di caoutchouc grosse $0^m,018$ ciascuna e separate da rondelle in ferro di $0^m,006$; le porte sui fianchi sono larghe $1^m,35$; gli angoli sono rinforzati da stangoni di ferro.

XV. **Ferrovie ristrette in America.** — Diamo ora uno sguardo al di là dei mari. Troviamo anzitutto l'America ove ha fatto molti proseliti e ricevette numerose applicazioni l'idea delle ferrovie a scartamento ridotto. Eccone alcuni esempi:

Nel Chilì è stata recentemente ultimata la ferrovia di Tongoy a scartamento di $1^m,067$ con forti pendenze e ristrette curve, sulla

quale fu adottata una macchina a 6 ruote accoppiate (di cui quattro sotto il corpo cilindrico e due dietro al focolare) oltre a due piccole ruote portanti, girevoli sopra un pernio e situate *davanti* al fumaiuolo; essa ha cilindri di $0^m,325 \times 0^m,45$ collocati all'esterno e leggermente inclinati; le ruote motrici non hanno che $0^m,70$ di diametro; la macchina porta sulla caldaia ed ai suoi fianchi l'acqua ed il carbone di riserva.

Nel Canadà, dopo lunghi dibattimenti in Parlamento, questo sancì la costruzione di linee a larghezza di $1^m,067$, che erano state strenuamente combattute pei danni che altri temeva dover derivare dalla promiscuità di scartamento, poichè le altre ferrovie sono dello scartamento di $1^m,50$. Due tratte della complessiva lunghezza di 250 chilometri, entrambe facienti capo alla città di Toronto, vennero messe in costruzione coll'indicata larghezza ridotta. Le comunità ed i privati accordarono sussidii per circa L. 15000 al chilometro. Il paese essendo ondulato, per far economia nella costruzione si dovettero ammettere pendenze del 2 per cento e curve di 105^m di raggio; così si ridussero i movimenti di terra a circa 7000 m. c. per chilom.; i rilevati sono larghi $3^m,75$ e gli scavi $4^m,65$ al piano della massicciata; una chiusura è necessaria lungo tutta la linea per difenderla dal bestiame. La neve essendo abbondante in quel paese, per proteggerne la strada si adottò il sistema Norvegese di siepi poste a varii angoli ed a poca distanza dalla ferrovia. I ponti sono in legname con pile in muratura rozza di pietrame. Il clima rigido di quei luoghi è un grave imbarazzo per la manutenzione della strada e dell'armamento: durante lunghi mesi il terreno è indurito come roccia, poi disgela all'improvviso e l'armamento cede e si sfascia. Quest'ultimo adunque si volle fare meglio che si potè con rotaie da 20 chilogr. su traverse di legno forte, lunghe $2^m,25$, di sezione $0^m,20 \times 0^m,125$ e distanti fra loro $0^m,75$; le ruotaie sono fra loro riunite coi ferri d'angolo, sistema Adams, assicurati con 4 bolloni.

Si adottò una locomotiva-tender del peso da 20 a 22 tonnellate, compreso l'approvigionamento, con 6 ruote accoppiate del diametro di $0^m,98$ e con base di $2^m,10$, oltre a due ruote libere del diametro di $0^m,60$ girevoli su carro Bissel: il para-scintille, la cabina coperta pel macchinista ed il pigliavacche sono appendici comuni a tutte le locomotive americane.

La costruzione di queste linee non è ancora ultimata; quando lo sia riceverà senza dubbio ulteriori estensioni per le quali si stanno già preparando i mezzi.

Per le ferrovie da costruirsi nell'isola Principe Edoardo, che pure fa parte del Canadà, venne adottato eguale scartamento: la spesa è valutata in L. 50000 al chilom. e sarà sostenuta dal Governo dell'isola.

Pegli Stati Uniti, ove al principio di questo anno la rete ferroviaria raggiungeva, secondo l'annuario del Poor, l'ingente sviluppo di 85000 chilometri, che diedero nel 1870 un prodotto lordo, in media, di L. 26000 al chilometro, sono pur molte le nuove linee costrutte con scartamento da $0^m,90$ a $1^m,067$. Non si è trovata proporzionale economia scendendo a scartamenti minori, e così deve essere, eccetto il caso di terreni straordinariamente accidentati. Sopra alcune ferrovie si fecero locomotive del peso persino di sole 6 tonnellate per farle lavorare su rotaie di 8 chilogrammi al metro lineare, e locomotive di 10 tonnellate per le rotaie di chilogr. 10,5: taluna di esse può viaggiare in curve anche di soli 11^m di raggio; le prime hanno una forza di trazione di circa 800 chilogr. e camminano a velocità di 12 chilom. l'ora; le altre in proporzione.

Vi si trovano anche delle linee con rotaie in legno; ma sono pochi i casi in cui convengono realmente perchè alle minori spese di costruzione sono da contrapporsi le maggiori spese di manutenzione e quelle della trazione che sono altresì maggiori. La fig. 29 rappresenta, in sezione, due fra i molti modi di armamento in legno: *a* è uno dei blocchi di legno durissimo lungo non più di $0^m,40$; una successione di questi blocchi, posti l'uno contro l'altro, forma la rotaia ed essi sono contenuti da due travi *b, b* a cui vanno uniti mediante i bolloni *c*, dei quali ve ne ha uno ad ogni blocco; lo scartamento del sistema è conservato da traversine distanti da $0^m,90$ ad $1^m,20$ e poste sotto le travi *b, b*, anzi parzialmente incastrate sotto di esse.

Si fanno strade di questa specie con una spesa di 11 a 12 mila lire al chilometro; e per ottenere delle pendenze uniformi con un terreno ondulato e senza gravi spese di movimenti di terra, le lungarine si posano talvolta su brevi pali infissi solidamente nel terreno e di altezze così calcolate che le loro teste presentino un piano uniforme e colla minima possibile elevazione sul terreno circostante. Citerò l'esempio della linea da Quebec a Gosford, fatta a rotaie in legno e di cui venne ora aperta una tratta di 40 chilom.; l'intiera linea misurerà 195 chilom. e la spesa è valutata in L. 11500 per la strada e L. 5700 pel materiale mobile.

Più frequenti sono tuttavia le strade a rotaie in ferro a scar-

tamento ridotto; la linea da Denver al Rio Grande, della totale lunghezza di 1360 chilom., è in costruzione collo scartamento di $0^m,90$; quella da Pensilvania alla baia di Soders, lunga 130 chilom., ha lo stesso scartamento; e nel Missouri venne ora appaltata, per L. 25500 al chilom., una linea lunga 48 chilom., con curve di 60^m di raggio e pendenze massime di 1,42 per cento; essa seconda continuamente il terreno e non è larga al ciglio che $1^m,50$.

Per la prima di queste linee (Denver-Rio Grande), di cui una tratta di 128 chilom. trovasi ora ultimata, venne fatta in quest'anno, dall'officina Baldwin di Filadelfia, la locomotiva per servizio di viaggiatori, di cui espongo i tratti, piuttosto come prova del cattivo effetto dei tender separato che quale esempio da imitarsi.

La macchina ha 4 ruote accoppiate di 1^m di diametro e due ruote libere anteriori con giuoco laterale; i suoi cilindri misurano $0^m,225 \times 0^m,40$; essa pesa, in istato di servizio, tonnellate 11,3, di cui tonn. 9 gravitano sulle ruote motrici; vuota, pesa circa 10 tonn.

Ora, la forza di trazione di questa macchina è di chilog. 202 per atmosfera di pressione netta e media nei cilindri; e, col coefficiente d'aderenza di $\frac{1}{8}$, si può utilizzare lo sforzo di $\frac{9000}{8} = 1125$ chilog., che è il massimo che i cilindri possano dare conservando l'espansione. Supponiamo adesso che la macchina, essendo destinata anche a servizio di viaggiatori, possa, esercitando il detto sforzo massimo, mantenere una velocità di circa 10^m al minuto secondo; ne risulterà una forza di 150 cavalli al più. Il peso della macchina vuota non sarebbe dunque che di 67 chilogr. per cavallo, se ad essa non andasse unito un tender che pesa, vuoto, 7 tonn., per cui si eleva ad almeno 110 chilog. il peso del motore totale per ogni cavallo di forza.

Le macchine pel servizio merci, su questa linea hanno 6 ruote accoppiate di $0^m,90$ di diametro. e due ruote libere anteriori; i cilindri misurano $0^m,25 \times 0^m,40$; il peso sulle ruote motrici è di 11 tonn.; il peso totale monta a tonn. 13,4; è pure annesso un tender di 7 tonn.

Le vetture, all'uso Americano, con una lunghezza utile di $10^m,50$ oltre ad $1^m,50$ di piattaforma, ed un'altezza interna, al centro, di $2^m,35$, contengono 35 persone; pesano 8 tonn., e sono portate da 8 ruote di $0^m,60$ di diametro: come vedesi, il loro effetto utile è minore di quello che dànno le vetture economiche del sistema Europeo, ma è maggiore di quello delle ferrovie normali di

America ove, p. es. sulla vicina linea di Pensilvania, le vetture che pesano 18 tonn. non portano che 53 passeggieri.

I vagoni, infine, pesano 1800 chilogr. e ne portano 4500: dànno dunque il rapporto di 1 : 2,5.

XVI. **Ferrovie ridotte del Giappone.** — Allorchè, or son meno di due anni, trattossi di costrurre le prime ferrovie nel Giappone venne studiata la questione qual fosse il più conveniente scartamento, e vista la natura ondulata e montagnosa del terreno e la poca probabilità di un traffico di primo ordine, si adottò lo scartamento Norvegese, ossia m. 1,067. Al principio del 1870 quel Governo fece un prestito di 25 milioni di lire (emissione al 98, interesse 9 per cento) redimibile in 13 anni e destinato esclusivamente alla costruzione delle ferrovie, di cui la linea principale è quella che deve unire Yeddo, la capitale, con Yokohama, Osaka ed il porto di Tsuruga, passando così per le provincie più attive, più popolate e più commerciali dell'impero.

Gli introiti delle dogane, che montano a più di 15 milioni all'anno, furono dati in pegno di questo prestito, ed esso al pari della costruzione delle ferrovie, la cui lunghezza salirà a poco meno di 500 chilom. furono concessi ad Inglesi. La stessa costruzione procede regolarmente e la prima locomotiva per quelle ferrovie, stata, naturalmente, fatta in Inghilterra, fu imbarcata al principio di quest'anno. Questa locomotiva, col suo tender adosso, è montata su 4 ruote del diametro di $1^m,30$ e due ruote libere anteriori situate dietro la cassa a fumo; il focolare trovasi fra i due assi accoppiati; quindi la macchina è molto stabile. Il suo peso in istato di servizio è di tonn. 18 $^1/_2$; e siccome i cilindri misurano $0^m,30 \times 0^m,45$ ed in caldaia si lavora ad 8 atmosfere effettive, la forza di trazione può tutt'al più giungere a 1500 chilogr., lavorando con espansione; ora sulle ruote motrici gravitano almeno 13 tonnellate che col coefficiente di $^1/_8$ dànno appunto l'aderenza necessaria.

La caldaia misura $0^m,94$ di diametro e $2^m,70$ di lunghezza: il focolare è lungo $1^m,14$, largo $1^m,06$ ed alto $1^m,35$; la superficie di riscaldamento totale risulta di 50 m. q.: è una superficie considerevole in ragione della forza di trazione, ma è intesa a far sì che la macchina cammini ad una velocità discreta per viaggiatori. Io calcolo che questa velocità si manterrà presso a 30 chilom. l'ora, quando la macchina farà tutto lo sforzo di 1500 chilogr., di cui è capace.

Il recipiente d'acqua ha una capacità di 2 m. c. e quello del carbone di 650 litri. La lunghezza della base delle ruote è di $3^m,80$; questa, se fosse rigida, sarebbe soverchia per le ristrette curve della linea; epperciò si diede alle ruote libere anteriori un giuoco laterale facendo appoggiare il gambo delle molle, non già entro la rispettiva scatola d'olio, sibbene sopra una lastretta scorrevole posta sovra di essa.

La fig. (30) dà il prospetto di questa macchina, ch'è assai ben proporzionata e sta fra le meno pesanti in ragione della sua forza d'evaporazione: essa ci fa vedere la buona disposizione delle ruote motrici, che tende a render la macchina stabile quantunque lasci forse alquanto soverchia parte del peso sopra le ruote libere; si vede inoltre, nel prospetto, l'eccellente riparo costruttosi pel macchinista e reso necessario dal clima in cui la locomotiva deve prestar servizio.

XVII. Ferrovie ridotte in Australia. — Nella colonia di Queensland, resa nel 1859 indipendente da quella della Nuova Galles Meridionale, trattandosi nel 1863 di cominciare la costruzione delle ferrovie, fu studiato quale fosse la più conveniente distanza di binario; e nonostante fosse stata adottata la distanza maggiore per le linee già costrutte nella Nuova Galles, che le è confinante a mezzodì, e nella colonia di Vittoria, che a questa fa seguito ad Occidente, pure si prescelse quella di $1^m,067$, avuto specialmente riguardo, io suppongo, alla natura montagnosa dei distretti del Sud della colonia, nei quali premeva di costrurre le prime linee.

Fu fatta a questo modo la ferrovia da Ipswich a Dalby lunga 210 chilom., con diramazione da Toowomba a Warwick della lunghezza di chilom. 98: questa linea attraversa quell'alta catena di monti che, sotto varii nomi, dalla punta meridionale dell'isola si estende per meglio di 10° a Nord, parallela alla costa e da questa non molto distante.

Una pendenza del 2 per cento, quasi continua per 37 chilom., conduce sulla predetta strada al punto culminante che è elevato 420^m sopra Ipswich; le curve hanno anche 100^m di raggio. La spesa presunta era di L. 110000 al chilom.; ma dal resoconto del 1870 appare che essa riescì di L. 137500, inegualmente divisa però, giacchè la tratta da Ipswich alla sommità costò L. 201500, cosicchè la spesa della rimanente parte si riduce a L. 102350 al chilom.

Altri 74 chilom. vennero in seguito costrutti e così l'intiera rete misura 382 chilom. tutti a scartamento di $1^m,067$.

L'introito nel 1869 fu di L. 500000 per viaggiatori e di L. 1,500,000 per merci; media circa L. 5240 al chilom.; le spese salirono a L. 1,750,000, pari ai $^7/_8$ dell'introito; si aveva però molta fiducia in un prossimo accrescimento d' introito di L. 500000, il che avrebbe lasciato un profitto di L. 750000, pari all' 1,4 per cento sul capitale speso. È un risultato che non sorprende in una colonia povera, pochissimo abitata, e con terreni così difficili come quelli di Queensland; e quel Governo locale diede veramente prova di molto coraggio sobbarcandosi ad un'impresa il cui utile, per molti anni, non può essere che *indiretto*.

L'esercizio si fa con locomotive ordinarie a 6 ruote accoppiate; si provarono alcune macchine Fairlie, ma non riuscirono. Non entro nel ginepraio di ricercare qual ne fosse la cagione.

Queste ferrovie porsero occasione di fare alcune esperienze sulla resistenza dei treni nelle linee a scartamento ridotto e nelle curve. Premetto che le ruote dei vagoni esperimentati hanno $0^m,60$ di diametro ed una base di $2^m,10$; alcuni dei veicoli però sono a 6 ruote con base di $4^m,50$: ma queste hanno l'apparecchio Clark, analogo a quello adottato al Cenisio sulla ferrovia Fell, che permette agli assi di aggiustarsi secondo la curva che si percorre.

Le prove si fecero con un treno di 7 vagoni vuoti, del peso di tonnellate 32,65, che si tirò sull'indicata salita con velocità di 16 chilometri l'ora, e lo sforzo di trazione si misurò col dinamometro collocato dietro la macchina; deducendo la parte dovuta alla gravità, ne risultava quella dovuta alle altre resistenze del treno; e facendo le prove prima su rettilinei poscia in curva, veniva a dividersi quest'ultima cifra in due, di cui una rappresentava — salvo la frazione minima dovuta alla resistenza dell'aria — gli attriti del treno, l'altra la resistenza dovuta alle curve.

La media di 10 osservazioni in linea retta avrebbe dato pelle resistenze del treno, composto come sopra, chilogr. 7,5 per tonnellata; è una cifra molto elevata, che può essere in parte dovuta alle ruote basse dei vagoni ed all'essere questi vuoti, anzichè carichi, ma che tuttavia dinota un cattivo stato di manutenzione o nella strada o nei vagoni. Si fecero in seguito 31 esperimenti su curve di diverso raggio; i risultati presentano varie anomalie: tuttavia li accenno qui per sommi capi, augurandomi che altri, che ne abbia i mezzi, si accinga a fare su questo argomento quegli studii e quelle prove che tanto sarebbero utili per determinare queste resistenze, a compimento del bel lavoro

già pubblicato dagli Ingegneri francesi Sig. Vuillemain e Dieudonné, che è però limitato alle resistenze dei treni nelle linee rette e su binari a scartamento normale.

La resistenza dovuta alle curve sarebbe stata adunque:

Per curve di	100 m.	di raggio:	media di 10 osservazioni,	ch. 7,80	per tonn.
»	110	»	» 3 »	» 3,30 (!)	»
»	120	»	» 2 »	» 7	»
»	130	»	una osservazione	» 6,22	»
»	140	»	media di 3 »	» 4,67	»
»	160	»	» 3 »	» 2,37	»
»	180	»	una osservazione	» 4,67	»
»	190	»	id.	» 1,42	»
»	200	»	media di 2 osservazioni	» 3,18	»
»	240	»	una osservazione	» 1,86	»
»	300	»	id.	» 3,12	»
»	400	»	media di 2 osservazioni	» 4,11	»
»	1150	»	una osservazione	» 1,00	»

Le anomalie sono in parte dovute alla brevità delle curve, per cui talora il treno non aveva tempo di equilibrarsi; in parte sono da attribuirsi alla diversa lunghezza delle curve, elemento del quale non si tenne conto e che pure ha molta influenza sulla resistenza, crescendo questa, come è noto, col crescere della lunghezza.

Il vicino Stato della Nuova Galles possiede una rete ferroviaria di meglio che 600 chilom. (di cui una piccola parte rimane in costruzione) a scartamento di 1^{m},60, che costarono in media L. 281875 ciascuno, ossia più del doppio delle suddescritte e sono fatte pure a semplice binario e con molta economia.

Ma le prime ferrovie della colonia di Victoria (Australia meridionale), fatte collo scartamento di 1^{m},60, costarono L. 438600 al chilom. più delle sovradescritte, ossia in media L. 575500 al chilom.; questa enorme spesa però è dovuta ad altre cause oltre quella del maggior allargamento del binario. E siccome su queste ferrovie, la cui lunghezza sale a chilometri 410, l'introito non superava fino all'anno 1864 L. 12150 al chilom. pei viaggiatori, e L. 23400 pelle merci, ossia L. 35550 in totale, contro una spesa di esercizio di L. 17250, così l'utile di L. 18300 non corrisponde che al 3 per cento dell'intiero capitale; e, questo essendosi ricavato con prestiti al 5 ed al 6 per cento, ne deriva allo Stato una perdita, che rimpiangono coloro i quali son d'avviso che con uno scartamento ridotto e maggiori economie nella costruzione,

una linea di tanto traffico avrebbe dovuto riescire assai proficua anzichè passiva. In questi ultimi due o tre anni l'introito crebbe di circa L. 10 mila al chilom. e si ebbe un interesse di qualche poco oltre al 4 per cento; ma intanto il *deficit* supera ancora ogni anno un milione di lire, e questi risultati produssero necessariamente una reazione, e pertanto, essendo ormai pregiudicata la questione dello scartamento, almeno per le linee principali occorrenti al compimento della rete, queste vennero da alcuni anni costrutte in modo più economico. L'esperienza avendo dimostrato che le lungherine longitudinali sotto le traverse in quel clima caldo si contorcevano e rendevano costosa la manutenzione, queste dovettero sulle linee già costrutte surrogarsi con traversine su cui le rotaie poggiano coll'intermedio dei cuscinetti; ma nelle nuove linee si cambiò sistema e si adottò una rotaia di 20 chilogr., sistema Vignole; si ridusse a $0^{m},225$ l'altezza della massicciata sotto le traverse, si progettò un materiale mobile corrispondentemente leggiero, le stazioni furono costrutte senza lusso o superfluità, e così due tronchi della complessiva lunghezza di 152 chilom. eseguiti a questo modo vennero a costare L. 80000 al chilom., compreso il materiale mobile: una di queste linee è per ora esercitata a cavalli; ma può benissimo portare una locomotiva che non abbia più di 3 o 4 tonnellate per asse, come la porta l'altra delle due linee fatta allo stesso modo.

Inoltre si fece una linea di diramazione di 50 chilometri collo scartamento ridotto ad $1^{m},067$ ed essa costò sole L. 50000 al chilom.; però corre per un terreno eccezionalmente favorevole.

Per queste ferrovie fu proposta, ma non venne adottata, la locomotiva Fairlie. Per la gentilezza di un funzionario superiore del Governo ho sott'occhio una copia del rapporto fatto da distinti ingegneri, i quali, interpellati dalla Amministrazione, conchiusero pel rifiuto di queste macchine colle seguenti parole: « non « è a nostra conoscenza che la macchina Fairlie sia in eserci- « zio ordinario con buon successo in nessun paese; il principio « su cui si fonda richiede dei congegni non bene adatti agli usi « cui le locomotive nel traffico ordinario sono inevitabilmente « esposte »; queste parole erano scritte nel gennaio 1869; l'esperienza di Festiniog, fatta posteriormente, verrebbe forse ad infirmare la prima parte di queste conclusioni.

Queste ferrovie economiche sono opera dell'Ingegnere Capo Sig. Mais; il quale in seguito, per ordine del vicino Governo dell'Australia del Sud, (dove non si hanno ancora che circa 150 chilom.

di ferrovie, che costarono circa L. 235 mila ciascuno) scrisse un bel rapporto sul genere di ferrovia più adatto per una linea che abbia un traffico di 150000 tonnellate annue e per altra con un traffico di sole tonnellate 30000; i punti più salienti del rapporto sono istruttivi assai, in ragione anche dell'autorità e dell'esperienza dell'autore, e meritano perciò di essere riferiti, tanto più che nel loro insieme costituiscono un progetto completo.

Egli raccomanda, per ambo i casi ed eccetto per quelle linee che sono in istretta relazione di traffico colla rete esistente (la quale ha lo scartamento di $1^m,60$), uno scartamento di $1^m,067$, differendo i due casi solo nella solidità dell'armamento: questa larghezza basta, come si ricava dal ragionamento e dall'esperienza d'altre simili linee, anche al traffico di 150 mila tonnellate; e rimossa la questione della capacità della linea a dare sfogo a tutto il traffico che può ad essa affluire, lo scartamento più economico è quello che permette di trasportare il massimo peso utile con un dato peso morto di veicoli; al che il Sig. Mais ritiene soddisfi assai meglio lo scartamento di $1^m,067$ di quello di $1^m,60$; ed invero gli esempi di materiale mobile, che sono venuto esponendo nella presente memoria, quando si confrontino colla ordinaria capacità dei veicoli a scartamento normale, corroborano questo assunto. Inoltre nelle spese di costruzione del corpo stradale si può calcolare, mediamente, una diversità da 15 a 16 mila lire a favore dello scartamento di $1^m,067$. Egli propone poi che i treni abbiano a camminare a piccola velocità, cioè 20 chilometri all' ora i treni dei viaggiatori e 16 quelli delle merci.

L'armamento per la linea col traffico di 30000 tonnellate sarebbe da farsi con rotaie in ferro, sistema Vignole, di 20 chilogr. al metro lineare, colle congiunzioni fatte con ferri d' angolo Adams, e posate ed assicurate su traversine di $2^m \times 0^m,20 \times 0^m,15$ (distanti fra loro circa $0^m,80$) mediante bolloni, anzichè con semplici arpioni; egli è, per lunga esperienza, divenuto decisamente contrario alle rotaie di minor peso; la massicciata vuol avere, secondo lui, una altezza di almeno $0^m,20$ sotto le traverse e crede sconveniente ogni maggiore economia in proposito. Questo armamento costerebbe circa L. 25000 al chilom. compreso la massicciata e la posa.

Per linee con 150000 tonnellate di traffico, l'armamento dovrebbe comporsi di rotaie d'acciaio di chilogr. 22 $\frac{1}{2}$ congiunte come sopra, con traversine di $2^m \times 0^m,225 \times 0^m,015$, distanti pure $0^m,80$, l'una dall'altra e con massicciata un decimo più forte

della suddetta; questo armamento costerà L. 34000 al chilom.

Per ambo i casi propone incrociamenti *riversibili* di ghisa gittata in metallo, e scambi d'acciaio; e, dove il legname sia scarso, invece delle traversine, sostegni di ghisa riuniti trasversalmente con sbarre di ferro, il che però aumenterà la spesa di circa L. 3200 al chilom.

Per la trazione, il Sig. Mais vorrebbe nel primo caso locomotive-tender a 4 ruote accoppiate di $1^m,15$ di diametro, riunite con leve di compenso, e due ruote portanti anteriori girevoli all'uso Bissel; cilindri di $0^m,275 \times 0^m,45$; caldaia lunga $2^m,35$ con $0^m,90$ di diametro; superficie di riscaldamento m. q. 33; peso totale in istato di servizio 17 tonn., di cui 12 $\frac{1}{2}$ sulle ruote motrici; ne valuta il prezzo in L. 39000 messe a bordo in Inghilterra — considerando il prezzo che pagai per le macchine di Monteponi, questo mi pare alquanto elevato —; non riferisco il peso che, secondo il Sig. Mais, potrebbe essere rimorchiato da queste macchine, perchè a me sembra esagerato.

Per la linea poi del traffico di 150 mila tonnellate, propone due specie di macchine; l'una sarebbe a 6 ruote accoppiate, con altre due ruote girevoli, sistema Bissel, del modello adottato sulla ferrovia di Queensland; l'altra sarebbe la macchina Fairlie con due carri da 6 ruote accoppiate per ciascuno, con tali dimensioni da poter tirare fino a 350 tonn. sulla pendenza dell'1 per cento; questa, secondo il Sig. Mais, costerebbe L. 60000 in Inghilterra. Della medesima, abitando egli da molti anni in Adelaide, non parla che per rapporti altrui; ed è perciò che ne dice cose alle quali io non posso associarmi e che così tralascio: la stessa differenza di prezzo che, in ragione della forza, egli dice essere in favore della macchina Fairlie, non appare che per aver egli, come credo e come dissi più sopra, esagerato il prezzo delle macchine ordinarie.

A migliore interpretazione delle cifre qui esposte per paragone aggiungo che da un' eccellente carta dell'Isola che tengo sott'occhio e che rappresenta minutamente il terreno, risulta non esservi rilevante diversità topografica fra gli accennati Stati di Queensland, Nuova Galles, Victoria e Australia Meridionale, il terreno essendo in tutti egualmente difficile e montagnoso; ciò che aumenta l'utilità delle ferrovie ridotte.

Attualmente è sorto chi propugna uno scartamento ancora minore, cioè di $0^m,90$: la battaglia ferve tuttavia.

Anche nella semi-selvaggia Australia Occidentale si fecero, se non altro, ferrovie private a scartamento di $1^m,067$, e per una di

queste venne or ora finita una locomotiva — la prima che si sia fatta nell'emisfero australe per ferrovie a scartamento ridotto —; essa poggia su 4 ruote accoppiate, di cui quelle posteriori sono dietro al focolare; distanza fra gli assi $2^m,50$; diametro delle ruote $0^m,90$; cilindri di $0^m,18 \times 0^m,35$; quindi forza motrice di 126 chilogr. per atmosfera di pressione netta; peso chilogr. 8500, ed, in istato di servizio, 10 tonn.; occorrerebbe dunque una pressione netta di 10 atmosfere per utilizzare tutta l'aderenza calcolata all'ottavo del peso: tal pressione è impossibile, epperciò ritengo questa locomotiva di un peso soverchio per la sua forza; il prezzo fu di L. 19500, ed anche questo è molto in paragone dei prezzi d'Europa e d'America.

Passando alle isole che circondano l'Australia, troviamo la Nuova Zelanda, ove da molti anni fu costrutta una linea a scartamento di $0^m,91$, il cui esercizio dà risultati soddisfacenti; ora è allo studio la linea dal porto Chalmers alla città capitale di Dunedin, pella quale si agita appunto la questione dello scartamento. Vi ha chi lo vuole ridotto, onde la linea costi meno; altri lo vorrebbe di $1^m.60$ perchè sia eguale a quello delle principali linee d'Australia: altri infine propugna strenuamente lo scartamento ordinario europeo. Per questa linea, per un' estensione da Dunedin al fiume Clutha, e per altre ferrovie nel nord dell'isola si stanno eseguendo le operazioni di campagna, in seguito alle quali verrà prescelto lo scartamento: gli studi si eseguiscono da Compagnie allettate dalla promessa del Governo di guarentire loro un interesse del 6 per cento sulla spesa di costruzione, con che esse eseguiscano le linee nel modo e col tracciato che stabilirà il Governo medesimo, il quale perciò rimane arbitro anche nella questione dello scartamento; si presume però che la spesa possa tenersi nel limite di L. 85000 al chilom. ed in certe località anche entro le 50000, adottando uno scartamento ristretto.

Infine nell'isola di Tasmania (già Terra di Van Diemen), ove erasi cominciata da molti anni una linea da Launceston (porto al Nord dell'isola) verso l'Ovest (Deloraine) collo scartamento di $1^m,60$, proposto nell'intento di seguire l'esempio delle vicine colonie di Victoria e della Nuova Galles, e per profittare, in caso di bisogno, del materiale di quelle linee, non tardò a svilupparsi una corrente d'idee a favore di linee più ristrette, quantunque quella ferrovia si fosse costrutta con non molta spesa, cioè circa L. 200000 al chilom. Due anni durò la battaglia ed i partigiani dello scartamento di $1^m,60$ avevano per certo un gran vantaggio

per trovarsi già nell'isola meglio di 100 chilom. costrutti con tale larghezza di binario; essi poi per la linea da Launceston alla città di Hobart, capitale dell'Isola, la quale linea, lunga circa 200 chilom. è quella che si trattava di costrurre, avevano presentato un progetto così economico che la spesa, non ostante l'elevato scartamento, non superava L. 110000 al chilom. Tuttavia gli studi fatti dai fautori dello scartamento di 1^m,067 portavano un preventivo di sole L. 81500, che venne da tutte le parti riconosciuto ammissibile, perchè anche gli opponenti riconoscevano che la riduzione di 0^m,55 nello scartamento cagionerebbe un risparmio di circa 25000 lire al chilom. nella costruzione e solo ne contestavano la opportunità; e quindi lo scartamento ridotto vinse la lotta e la costruzione dell' indicata ferrovia venne cominciata al principio del corrente anno colla seguente combinazione finanziaria.

Il Governo, in seguito all'approvazione avuta dal Parlamento della colonia, guarentisce l'interesse del 5 per cento, e per 30 anni, sulla somma capitale di L. 16,250,000 riputata necessaria a costrurre quei 200 chilom. di strada con una larghezza di binario di 1^m,067; se costano di più ci pensano i concessionarii; se poi la linea venisse a rendere più del 5 per cento, il Governo riceve la metà dell' eccedenza. I concessionarii sono inglesi; il che spiega come un interesse del 5 per cento, con pochissima speranza di aumento eventuale, sia stato riconosciuto sufficiente.

XVIII. **Ferrovie ristrette nelle Indie Orientali.** — Se nulla s'è eseguito finora in questo paese, venne però presa, sull'argomento in discorso, una definitiva deliberazione: ed a questa si addivenne con tanta maturità di giudizio che il riandar gli argomenti pei quali si stabilì lo scartamento delle nuove linee secondarie, l'esaminare gli studi fattine da ingegneri, che godono della più alta fama in ogni parte del mondo, è opera sommamente proficua ed istruttiva.

Le ferrovie dell'Indostan si cominciarono nel 1850 e nel corso di 20 anni se ne decretarono per 10002 chilom., di cui 7875 trovavansi costrutti al principio di quest'anno. Esse sono tutte fatte collo scartamento di 1^m,676, suggerito dal Sig. Macdonald Stephenson; appartengono per la massima parte a 9 Compagnie private, alle quali il Governo inglese delle Indie garantì un interesse del 5 per cento. Le principali fra queste sono: la linea che da Bombay, attraversando l'intiera penisola, va sino a Calcutta, della

lunghezza di 2355 chilom. (percorsi in 70 ore) e recentemente aperta per intero all'esercizio; da Bombay a Madras, che appartiene alla stessa Compagnia ed al cui compimento poco manca; poi viene la linea da Calcutta a Delhi con estensione a Lahore, d'onde ritornerà al mare scendendo pel fiume Indo; vi sono in seguito la linea Bombay-Baroda, quella del Bengala Orientale ed altre molte. Inoltre il Governo si è fatto esso stesso proprietario e costruttore di ferrovie, avendo cominciato nel 1868 a rilevare la linea da Calcutta a Canning Town (45chilom.) che nulla rendeva agli azionisti, ai quali esso Governo aveva pur garantito l'interesse; poi fece la breve linea da Yhelum a Khangaxum, ed infine intraprese la costruzione del tronco importantissimo Lahore-Peshawr, che dovrà misurare 278 chilom. e non è ancora ultimato; oltre a ciò fece mettere allo studio una quantità d'altri progetti, perchè pei 15000 chilom. di strada, che si reputano ancora necessarii a compire la rete dell'India, pare che il Governo, anzichè continuare a pagare pesanti sovvenzioni, preferisca farli ed esercitarli per proprio conto.

La esistente rete di 7875 chilom. diede nello scorso anno un provento medio di L. 19275 al chilom.; le spese d'esercizio salirono a L. 10770; e siccome la spesa di costruzione fu di L. 266700 al chilom., l'utile netto corrispose a poco più del 3 per cento sul capitale speso; indi un onere al Governo di circa 35 milioni all'anno per supplemento d'interesse.

Era quindi naturale che in questo stato di cose e con un traffico su alcune linee così limitato ed evidentemente sproporzionato alla larghezza del binario, il Governo avvisasse al modo di tenere in più stretti limiti le spese di costruzione delle future strade, tanto più che queste non avranno probabilmente nemmeno il traffico che si ha sulle principali già eseguite e che, trattandosi di una estensione di 15000 chilom. da farsi, ogni anche lieve risparmio torna considerevole.

Quel Governo adunque incaricò l'anno scorso una Commissione composta dei Colonnelli Sigg. Strachey e Dickens e degli Ingegneri civili Rendel e I. Fowler — noto quest' ultimo pella costruzione delle ferrovie sotterranee di Londra, pei suoi lavori sull'Istmo di Suez ecc. — di visitare la piccola linea di Festiniog e le ferrovie ridotte di Svezia e Norvegia e proporre quindi lo scartamento migliore pelle linee secondarie dell'India. E siccome per alcune continuazioni di linee esistenti non era più dubbia la necessità di attenersi allo scartamento normale di $1^m,676$, e pure anche per queste volevasi fare qualche economia,

così il Governo diramò intanto a i suoi ingegner i seguenti precetti economici da seguirsi nella costruzione di linee a scartamento ordinario:

« Le nuove linee, quantunque a scartamento di $1^m,676$, saranno tutte a semplice via e proporzionate ad una velocità di 24 chilom. l'ora. L'economia nella costruzione sarà spinta anche agli accessorii.

« Le stazioni e tutti i fabbricati saranno del più semplice ed economico carattere e limitate ai bisogni presenti; non occorrono marciapiedi rilevati fuorchè nelle stazioni estreme o principali.

« I fabbricati esposti alle vibrazioni cagionate dal passaggio dei treni saranno fatti solidamente colla miglior calce; gli altri saranno costrutti grossolanamente con mattoni stracotti e fango, limitando l'uso della calce alle fondazioni.

« Tutti i fabbricati da farsi provvisoriamente per alloggio del personale durante la costruzione saranno così disposti da poter in seguito servire come stazioni o case definitive. E se questo non possa ottenersi, allora essi si faranno nel modo più precario, onde durino appunto pel tempo della costruzione e nulla più.

« L'armamento e le macchine si faranno secondo le migliori regole dell'arte senza riguardo a spesa; ma nel resto si provvederà al puro necessario senza lusso alcuno e senza quelle comodità od appendici che possono differirsi finchè il traffico, sviluppatosi, le dimostri necessarie.

« La strada in totale non sarà più larga di $5^m,40$ in rilevato e $7^m,20$ nei tagli; ma se il terreno fosse eccezionalmente cattivo queste dimensioni possono ridursi di $0^m,60$.

« La larghezza della strada sotto le traversine sarà di 3^m: la massicciata avrà $0^m,36$ di profondità sotto le traverse.

« La larghezza dei ponti ed acquedotti si ridurrà a 3^m od a $3^m,60$.

« Si procurerà di tener le pendenze nel limite di 1 : 300, che non si eccederà senza un ordine speciale; nei terreni piani anzi la pendenza normale sarà del 2 per mille.

« Di regola non si faranno curve più strette di 750^m di raggio, eccetto in prossimità delle stazioni: occorrerà un ordine speciale per deviare da questa prescrizione.

« Nei progetti si contemplerà la spesa per la siepe; ma il Governo intende promuovere un emendamento alla vigente legge nel senso che sia permesso ommettere la siepe, dove si cammina a velocità moderata, salvo in vicinanza delle stazioni ed in qualche altro punto essenziale.

« Per l'impianto del telegrafo si utilizzerà quanto già esiste pel telegrafo dello Stato. »

Si comprende che queste prescrizioni non si riferiscono che a linee da impiantarsi in terreni facili e piani; per quelle difficili, l' economia nella costruzione non può ottenersi in larga misura fuorchè riducendo la larghezza del binario, e su questo punto fu commesso lo studio alla prefata Commissione.

Vuolsi premettere che qualche anno fa, trattandosi di fare la linea Oude-Rohilcunde, si era messo avanti il progetto di eseguirla a scartamento di 1^m,067; ma questo progetto, combattuto dagli ingegneri governativi e dallo stesso Colonnello Strachey, non venne approvato e la linea si fece colla solita larghezza di 1^m,676. Eravi anche una piccola ferrovia da Madras verso il Sud a scartamento di 1^m,067, ma poi si convertì o si sta convertendola alla larghezza normale di 1^m,676 per prolungarla fino a Cuddalore, che trovasi sul mare a mezzogiorno di Pondichery.

La prelodata Commissione presentò nel 2° semestre del 1870 il risultato dei suoi lavori; ma, mentre fu unanime nello affermare la convenienza, già preliminarmente ammessa dal Governo committente, di adottare per le nuove linee secondarie un binario meno largo, non si accordò nel determinare questa larghezza: i Sigg. Strachey, Dickens e Rendell si decisero pel binario di 0^m,838, il Sig. Fowler invece conchiuse per lo scartamento norvegese di 1^m,067. Essi fecero adunque rapporto separato; e di entrambi darò un sunto un po' libero e le ragioni principali.

I primi cominciano col paragonare il progetto di costrurre le linee molto economicamente, colla ordinaria larghezza di binario, con quello di ridurre questa larghezza; il vantaggio del primo progetto, consistente nella continuità dei binarii, sarebbe grande, per esempio in Inghilterra, ove tante linee s'intersecano ed ove si trova traffico per ogni direzione, ma diviene insignificante nell'India per la natura e la quantità del movimento che vi si ha; il costo del travaso, così diversamente apprezzato da ingegneri diversi, viene dai riferenti ritenuto in L. 0,40 per tonnellata per le merci di quel paese; ma questa spesa ha poca influenza perchè quelle merci sono in piccola quantità e percorrono grandi distanze. E difatti, suppongasi che si facciano a larghezza ridotta tutti i 15000 chilom. di nuove strade: il peggio che potrebbe derivarne sarebbe la necessità di ridurre allo stesso scartamento i 7500 chilom. esistenti, mediante una terza rotaia che costerebbe L. 15000 al chilom.; la spesa totale

di L. 15000 × 7500 = 112500000 equivale ad un' aggiunta di $\frac{112500000}{15000}$ = L. 7500 per ciascuno dei nuovi 15000 chilom. da farsi. Ma d'altra parte la nuova rete, collo scartamento di $0^m,838$, costerebbe (secondo un particolareggiato ed accurato preventivo annesso al rapporto) L. 81250 al chilom. e, con l'addizione delle dette L. 7500, L. 88750; mentre collo scartamento di $1^m,676$, anche usando rotaie leggiere il più che è possibile, il costo sarebbe sempre di L. 110000, che si eleverebbe a L. 145000 se nella costruzione si eseguissero i principii finora in vigore. Adunque, conchiudono i riferenti, la differenza della *garanzia d'interesse* nei due casi di linee, entrambe economiche, ma fatte a scartamento diverso, è di L. 1400 al chilom. all'anno; ed è impossibile che a tanto ascenda la spesa del travaso, pella qnale non occorrerà neppure il decimo di tal somma; se non che il paragone dei due casi non è nemmeno esatto, perchè ad evitare il travaso non basta conservare lo stesso scartamento, ma occorre pure *un armamento d'egual forza* onde i veicoli e le locomotive possano transitare; quindi per quest'effetto è da paragonarsi la spesa dello scartamento ridotto, che è di L. 88750, con quella d'una linea a scartamento ordinario e con rotaie forti, come quelle delle strade esistenti, spesa che salirebbe a L. 123500 al chilometro.

Passando poscia a trattare la questione se il traffico permetta una riduzione di scartamento, si osserva, nel rapporto, che le locomotive ed i veicoli della esistente rete sono fuori di proporzione col numero delle persone e la quantità delle merci da trasportarsi, e si citano casi di linee primarie ove, perfino nei treni misti, si ha un peso lordo totale di 176 tonn. per trasportare in media 76 passeggieri e 33 tonn. di merci; nè ciò avviene per trascuranza delle Compagnie, sibbene per la necessità di prendere roba e gente qua e là in numero variabilissimo: con un materiale più leggiero e che presenti maggior rapporto fra il peso utile e quello lordo, si avrebbero evidentemente risultati più favorevoli; ed un tal materiale più facilmente può farsi con una linea a piccolo scartamento.

Venendo in fine a determinare questo scartamento, premettono i riferenti che esso vuol essere unico, onde nella penisola si abbiano due sole larghezze di binario, la normale di $1^m,676$ e quella ridotta; e che, comunque ristretta sia quest'ultima, essa basterà sempre al traffico, poichè s'è visto a Festiniog di quanto trasporto sia capace una ferrovia larga solamente $0^m,61$; nè più

ora sussistono gli antichi pregiudizi pei quali si invocava una larghezza considerevole per disporre convenientemente i meccanismi della locomotiva, e che svanirono davanti al fatto delle macchine solide, stabili ed economiche, che fanno servizio sulle oramai innumerevoli linee a scartamento inferiore. Ritenuti questi principii ne emerse ovvia la conclusione in favore dello scartamento di 0,838 a preferenza del suo rivale di $1^m,067$; poichè su quello è possibile stabilire locomotive capaci di dare sfogo a tutto il traffico probabile delle future linee, e veicoli adatti alle merci da trasportarsi e commodi pei viaggiatori, senza timore che a velocità ragionevolmente sufficiente la stabilità del treno possa venir compromessa nè dalle proprie oscillazioni, nè dal vento, nè da altra causa perturbatrice.

Il rapporto, passando ai particolari, raccomanda macchine che non abbiano più di 3 tonn. di peso per ogni ruota, ed una velocità non maggiore di 24 chilom. all' ora; propone rotaie *Vignole* in ferro di 18 chilogr. al metro lineare, unite con compresse e bolloni; non sconsiglia le rotaie d'acciaio *purchè d'egual peso di quelle in ferro;* suggerisce traversine lunghe $1^m,70$ di sezione rettangola di $0^m,20 \times 0^m,10$ e distanti $0^m,90$ da centro a centro; e tutte queste dimensioni sono dedotte da minuzioso paragone con quello che si è fatto sulle ferrovie scandinave ed altre, che il lettore già conosce.

I riferenti propongono una massicciata profonda $0^m,15$ sotto le traverse, e larga $2^m,60$ alla base, con un corpo stradale largo $2^m,90$ sotto essa massicciata; vorrebbero limitata la siepe viva agli accessi delle stazioni, ai passi a livello e nelle località molto frequentate, dovendo negli altri siti bastare un paio di fili di ferro stesi su pali a conveniente distanza.

Per calcolare le dimensioni dei ponti in ferro propongono che per travature inferiori a 15^m di luce il peso transitante si ritenga di non oltre 3300 chilogr. per m° corrente, aggiungendo, per luci maggiori, 1000 chilogr. per ogni metro di luce in più dei 15 metri.

Ogni macchina abbia almeno 4 ruote accoppiate, che a 3 tonnellate l'una daranno 12000 chilogr. d'aderenza; il diametro di esse ruote non ecceda $0^m,90$; i veicoli abbiano ruote di $0^m,60$ con assi di 8 centimetri e fusi lunghi $0^m,15$ con diametro di cent. 6, 5. Le vetture lunghe $5^m,65$, larghe $1^m,83$, alte $1^m,83$ (misure esterne) su una base di ruote lunga $2^m,75$ possono dividersi in 4 compartimenti da 8 posti di 3ª classe, od in 3 scompartimenti da 6 posti di 2ª classe; il peso presunto di tal vet-

tura è di tonn. 3,5.

Pei vagoni il rapporto raccomanda una portata di 5 tonn., con una lunghezza di 4^m,25 e larghezza di 1^m,68, col peso proprio di tonn. 2,5, e nessuna molla di sospensione.

Con un tal materiale i riferenti sono sicuri che si può dare sfogo al traffico così bene come con uno scartamento ordinario; e, ciò ritenuto, risulta l'opportunità di adottare questo minimo scartamento, col quale, senza compromettere la stabilità dei convogli, si ottiene ogni possibile economia nella costruzione.

L'Ing. Fowler, dal canto suo, dopo aver ammessa l'opportunità d'uno scartamento ridotto per le linee secondarie, e dovendo determinarne la larghezza, premette che le ruote della locomotiva non devono essere caricate più di tonn. 3 $^1/_2$, e che per fare una macchina semplice ed economica basta, ma è necessaria, una larghezza di binario di 1^m,067, mentre quelle fatte per binario più ristretto contengono degli espedienti meccanici ch'egli non saprebbe approvare.

E tanto più pei veicoli egli ritiene necessaria tale larghezza; non è vero, egli dice, che su un binario di 0^m,838, come lo propongono i suoi colleghi della Commissione, si possano mettere carri che portino quasi quanto quelli di un binario di 1^m,067, la loro capacità essendo invece in ragione del quadrato dello scartamento ossia :: 30 : 49, la qual proporzione cessa di avere influenza solo quando, su scartamenti maggiori, la larghezza del veicolo non può venir utilizzata; ma nell'India, ove il clima vuole che i passeggieri stiano comodamente, dove si hanno merci voluminose, come il cotone, e dove, per di più, può avvenire frequente il bisogno di trasporti militari con artiglierie, la differenza di capacità dei carri diviene un punto essenziale.

Che ove si volesse allo scartamento minore addossare lo stesso materiale dello scartamento di 1^m,067, ciò non potrebbe farsi se non sacrificando la stabilità e quindi incontrando l'inconveniente di più gravi spese di manutenzione del materiale mobile.

Quanto alle spese di costruzione osserva il Sig. Fowler che esse non sono punto in proporzione dello scartamento; questo non ha influenza sulle pendenze; ed anche le curve sono determinate piuttosto dalla lunghezza di base del materiale mobile; egli dichiara non ricordare nella sua lunga esperienza un caso in cui avrebbe potuto adottare curve più risentite restringendo il binario; i principali motivi di spesa nelle costruzioni sono: 1° le grandi opere d'arte per diminuire la pendenza ed ottenere

curve di più largo raggio; 2° gli armamenti pesanti; 3° le dimensioni della massicciata, del corpo stradale, dei fossi; 4° le maggiori dimensioni dei ponti onde resistano a maggiori pesi transitanti a gran velocità; 5° le opere per il servizio di un traffico cospicuo nelle stazioni.

Questi, e non lo scartamento, sono gli elementi che hanno maggior influenza sul costo d'una strada. Da varii esempii di Norvegia il riferente arguisce che per una stessa linea, diminuendo lo scartamento da 1^m,067 a 0^m,91, l'economia di costruzione non sarebbe che di L. 500 al chilom.; quindi, scendendo da 0^m,91 allo scartamento di 0^m,838 proposto dai suoi colleghi, è lecito supporre che l'ulteriore economia sarà nella stessa proporzione, ossia L. 250 al chilom. e così la totale differenza fra i due proposti scartamenti non sarebbe che di L. 750 al chilom. Secondo altri esempi di Scozia questa differenza salirebbe al più a L. 1375 per chilom. Nell'India poi il risparmio, calcolato nel caso più favorevole allo scartamento ridotto, sarebbe di L. 1800, ma c'è da contrapporre la spesa — che egli crede maggiore — per la maggiore lunghezza a darsi alle vie di servizio, onde contengano quel maggior numero di vagoni che, per la portata diminuita, è necessario a dare sfogo all'istessa quantità di merce.

Si cita l'esempio di Festiniog: ma per esser quella una strada *molto* ristretta non ne segue che sia leggiera e costi poco; le rotaie per esempio su quella linea sono più pesanti che sulle linee di Norvegia, del Canadà e dell'Australia, che hanno il binario largo 1^m,067.

Passando ai particolari, il Sig. Fowler, pelle proposte linee dell'India a scartamento di 1,^{m}067, suggerisce una rotaia di 21 chilogr. al metro, trovando che se in Norvegia si usano rotaie più leggiere gli è per l'abbondanza di traversine di cui gode il paese, e che, se a Festiniog si dovettero fare rotaie di 24 o 25 chilogr., è perchè abbiano a sostenere gli urti che derivano dalle oscillazioni cagionate dalla troppa sporgenza, fuori del binario, di alcune parti del materiale mobile.

Conchiude dunque a favore di un binario largo 1^m,067, confermando che la spesa non sarà maggiore di quella d'un binario di 0^m,838, mentre presenterà il vantaggio d'un esercizio più commodo, più economico, ed anche capace di maggior traffico.

Entrambi i rapporti contengono numerosi allegati con calcoli particolareggiati che si riferiscono ad un altro quesito fatto dal Governo, sulla convenienza cioè di applicare lo scartamento ridotto a certe linee della valle dell'Indo, ove due porzioni del

tronco principale già sono fatte a scartamento normale, per rispondere al quale quesito si dovette fare il parallelo fra la spesa per fare le nuove linee con grande scartamento, ma con rotaie più leggiere, e quella per farle a scartamento ridotto, aggiungendo ad una delle porzioni esistenti una terza rotaia, e riducendo lo scartamento dell'altra porzione per ottenere quella continuità di servizio che è indispensabile dal mare (Kurrachee) a Lahore e Peshawr. Le nuove linee sommano a chilom. 1200; la linea cui è da aggiungersi la terza rotaia è lunga 343 chilom. e quella da ridursi è di chilom. 168; il Sig. Fowler conchiude che la spesa, nei due casi, è pressochè eguale per cui è meglio far le nuove linee a scartamento normale; invece gli altri membri della Commissione, che hanno proposto rotaie più leggiere pelle linee a scartamento ridotto, conservando, pel caso si mantenga lo scartamento normale, la rotaia di 22,5 chilogr. proposta dal Fowler, trovano un vantaggio di 33 milioni nel fare lo scartamento ridotto e modificare convenientemente le linee esistenti.

Il rapporto del Sig. Fowler è notevole perchè, mentre l'autore mostra evidentemente di non farsi alcuna illusione sui vantaggi dello scartamento ridotto, pure conchiude a favore di una riduzione. Però, col rispetto dovuto a tanta celebrità, io vorrei osservare che mi pare esagerato lo asserto che l'economia derivante dalla riduzione dello scartamento da $1^m,067$ a $0^m,838$ sarebbe compensata — anzi *più* che compensata, come leggesi nel rapporto — dalla maggiore lunghezza necessaria nelle vie di servizio per far luogo ad eguale traffico con veicoli più ristretti; difatti la spesa pel corpo stradale e l'armamento per un binario di $1^m,067$ è stata valutata in L. 32000 al chilom. pella via principale; questa spesa, riducendo lo scartamento a $0^m,838$, viene plausibilmente ridotta a L. 30200; differenza L. 1800. Ora nel 1° caso mettiamo che le vie di servizio importino, come al solito, un aumento del 10 per cento della spesa del binario principale, questo equivale a L. 3200 al chilom., ma l'aumento di questo articolo di spesa pello scartamento di $0^m,838$ non può essere più che in ragione inversa degli scartamenti; ciò parmi incontrastabile; l'aumento sarebbe dunque di:

L. $3200 \frac{1,067}{0,838} = 4075 - 3200 = 873$ contro il risparmio di L. 1800.

Ed io credo aver piuttosto esagerato il mio calcolo, perchè, a rigore, l'aumento delle vie di servizio non può essere che in ragione della *sezione trasversale* dei veicoli, ragione che sarebbe

alquanto minore di quella degli scartamenti; epperciò non posso adattarmi alla conclusione cui a questo riguardo venne il Sig. Fowler.

D' altra parte sono manifesti i difetti del materiale mobile proposto dagli altri membri della Commissione; le vetture non solo riuscirebbero eccessivamente ristrette per qualsiasi clima e tanto più per l'India, ma esse presenterebbero tale superficie all'azione del vento che con un semplice calcolo si trova che basterebbe una pressione di poco oltre a 31 chilogr. per metro quadrato per rovesciarle.

Vi è poi la considerazione dei trasporti militari che doveva avere molto peso; e quindi non fa meraviglia la decisione presa dal Governatore Generale della Penisola, Lord Mayo, cioè che le linee secondarie abbiano a farsi collo scartamento di $0^m,99$: questa determinazione venne resa pubblica nei primi mesi del corrente anno.

Spinte dall'esempio del Governo, alcune Compagnie di ferrovie nell'India incaricarono altri ingegneri di gran fama di studiare per loro conto l' istessa questione. La Compagnia delle linee del Bengala Orientale diede mandato all'ingegnere Hawkshaw di studiare fino a qual punto le convenisse per le sue future linee di attenersi ad uno scartamento ridotto, secondo il principio ormai stabilito dal Governo. E per adempiere all' incarico quell'esimio ingegnere comincia dal notare che egli non è partigiano d'un cambiamento nella larghezza del binario se non per quelle linee pelle quali dalla spesa di costruzione dipende il poterle o non poterle fare; nel qual caso egli valuta come segue l'economia, che si avrebbe nella costruzione facendo il binario largo $1^m,067$ e con rotaie leggiere (chilogr. 22,5), anzichè di $1^m,676$ col sistema finora usato nell'India:

Minori movimenti di terra.	L.	1560	per chilom.
Risparmio nei ponti	«	4700	«
Id. nell'armamento	«	15600	«
Id. nelle macchine, ritenendo che si avrà una macchina ogni 8 chilom. e che ognuna costerà L. 25000 di meno.	«	3125	«
Minor quantità di terreno da occuparsi.	«	156	«
Risparmio medio per l' introduzione di più forti curve.	«	3125	«
Totale	L.	28266	al chilom.

Che se, volendosi continuare collo scartamento attuale, si fac-

ciano le nuove linee più leggiere e con ogni possibile economia, potrebbe aversi il seguente risparmio:

nei ponti.	L.	3905	per chilom.
nell'armamento	«	12500	«
nelle macchine, come sopra . . .	«	3125	«
	Totale L.	19530	per chilom.

Quindi la differenza fra lo scartamento normale, costrutto economicamente, e quello ridotto di 0,609 non sarebbe che di L. 28266 — 19530 = L. 8736 al chilom., che, riducendo ulteriormente il binario alla larghezza di 0^m,838, proposto dai Signori Strachey, Dickens e Rendell, si eleverà a L. 12012, mentre nel loro rapporto l' economia, come si è visto, era stata calcolata in L. 110000 — 81250 = 28750. Il calcolo del Sig. Hawkshaw è dunque più moderato; però egli è d'avviso che oltre al risparmio nella costruzione debbasi pure tener conto di quello che ne seguirà nella manutenzione, il quale, capitalizzato al 5 per cento, egli trova con minuti calcoli corrispondere a L. 15600 al chilom. da aggiungersi all'economia nella costruzione nel caso dello scartamento ridotto a 1^m,067 ed a L. 12500 pel caso dello scartamento normale costrutto con armamento leggiero ed economico.

Quindi la differenza di spesa fra i due modi sotto paragone riesce finalmente di L. 28296 + 15600 — (19350 + 12500) = L. 11836 al chilom., che pei 320 chilom. da costruirsi dalla Compagnia rappresenta una somma di L. 3787520. Ma il Sig. Hawkshaw non trova che questa somma valga a controbilanciare gli inconvenienti dello scartamento ridotto, che sono: la minor portata della linea, le spese e i danni del trasbordo delle merci e delle persone, oltre alla necessità per la Compagnia di aver due specie di materiale mobile.

A meglio comprendere questa conclusione giova notare che il riferente assunse le spese di travaso delle merci nella grave cifra di L. 1,30 per tonn., per cui l'interesse al 5 per cento del risparmio ottenibile collo scartamento ridotto corrisponderebbe alla spesa di travaso di sole $\frac{5}{100}$ 3787520 $\frac{1}{1,30}$ = 145673 tonnell. annue. Ma, se non è impossibile che il traffico raggiunga questa cifra, è però facile fare in modo che le spese di travaso riescano inferiori e di molto alla somma posta avanti dal celebre ingegnere.

Finalmente la Compagnia delle linee dello Scind e del Pun-

jaub incaricò l'ing. Bidder — l'antico collaboratore ed associato del compianto Roberto Stephenson — di riferire sulla stessa questione per quanto riguarda la linea dell'Indo e quella da Lahore a Peshawr.

Il Sig. Bidder è nemico acerrimo e senza riserve di ogni scartamento ridotto; e per ciò appunto ritengo tanto più necessario, per un imparziale esame della questione, di riportarne un po' distintamente il parere, trattandosi di persona così meritamente autorevole, quantunque forse in questo caso un po' pregiudicata.

Egli comincia col notare il fatto che le linee inglesi del Grand Ovest, costrutte con grave spesa dal Brunel a scartamento di 2m,133, divennero così onerose per la differenza di scartamento rispetto a tutte le altre linee dell'isola, che a poco a poco dovettero ridursi, ed è probabile che fra non molto quello scartamento sparirà affatto; e questo esempio, dice il Bidder, dovrebbe servir di lezione agli innovatori: se nell'India si scelse uno scartamento normale un po' superiore a quello usato in Inghilterra, ciò fu, secondo lui, saggio partito, perchè lo Stephenson non propose per l'Inghilterra la distanza di 1m,50 se non perchè già la trovò stabilita in alcune linee locali colle quali le prime ferrovie principali dovevano trovarsi in comunicazione, mentre nei paesi vergini, come in Irlanda, in Ispagna, in Russia, nel Canadà, nell'Australia e così pure nell'India, si credè più conveniente aprir le strade con un binario alquanto più largo.

La spesa di costruzione d'una linea, egli continua, non dipende punto dalla larghezza del binario, ma dalle dimensioni e dal peso dei carri, che non sono necessariamente dipendenti da quella, potendosi sopra uno stesso binario usare veicoli larghi o stretti, leggieri o pesanti. Così, si considerino per esempio i tagli, i ponti e le gallerie: è evidente che la loro larghezza è determinata da quella del materiale mobile e non importa quale sia la distanza fra le due ruote d'uno stesso asse. Quanto ai sotto-passaggi, essi per solito consistono essenzialmente in due travature, la cui solidità è proporzionale al peso che passa sovr'essi e non al loro spaziamento: persino nei rilevati la larghezza si compone di alcuni elementi costanti, oltrechè essa è determinata dalla larghezza dei carri, oltre i quali conviene lasciar posto alla circolazione delle guardie della via. La spesa dell'armamento dipende pure specialmente dal peso e dalla velocità dei veicoli; il costo delle locomotive è proporzionale alla

loro forza e lo scartamento ridotto non ha altro effetto che quello di diminuire la lunghezza degli assi e la larghezza del telaio; vantaggi che saranno controbilanciati dalle maggiori difficoltà di costruzione; e così nei carri lo scartamento non ha influenza che sulla larghezza degli assi.

Il costo d'una strada adunque dipende dalla quantità del traffico e dalla velocità anzichè dallo scartamento; se il traffico è piccolo e si vuol camminare adagio, si possono far macchine e carri leggieri, e così ne derivano rotaie pure leggiere ed opere d' arte in generale meno costose, il tutto senza alterare lo scartamento del binario. Vedansi, difatti, le prime linee costrutte 35 anni or sono; esse avevano rotaie di 15 a 20 chilogr. e macchine di 10 tonn.; crescendo il traffico si aumentarono e queste e quelle, ma non si alterò lo scartamento; ed anche recentemente si costrussero in Inghilterra ferrovie a binario normale destinate a piccolo traffico e con una spesa di poco più che L. 60000 al chilom.

Non ammette il Sig. Bidder che le curve possano restringersi in proporzione dello scartamento; perchè la parte di resistenza dovuta all'attrito è poca a petto della gravità sulle linee colle forti pendenze che per solito vanno unite alle curve, e col mezzo dei carri girevoli Bogie o Bissell quella resistenza può rendersi minima. E quanto alla macchina Fairlie, che vien posta avanti come così adatta specialmente per isviluppare molta forza su linee ristrette, egli la considera decisamente inferiore al sistema delle due macchine accoppiate (come quelle dei Giovi), che sono più semplici e maneggievoli e sono tenute in fuoco e mantenute con minor fatica del personale, specialmente nei climi caldi, e finalmente possono adoperarsi unite o separate come se ne presenta il bisogno, e allo stesso modo possono mettersi fuori d'uso per la pulizia e le riparazioni.

D'altra parte una maggior larghezza di binario presenta dei vantaggi, quali sono: un movimento più stabile ed esente da oscillazioni e maggior sicurezza a velocità elevate; maggior facilità di ben disporre i meccanismi della locomotiva; e, mentre permette ogni ragionevole economia se il traffico debba esser poco o leggiero, lascia la possibilità di elevare in seguito la capacità della linea ove il movimento lo richieda; in conclusione lo scartamento normale ha, secondo il Bidder, tutti i vantaggi dello scartamento ridotto, mentre questo non possiede alcuno dei meriti di quello.

Tralascio il resto del rapporto, ove non si fa che applicare

questi principii al caso speciale della Società committente, per conchiudere contro la opportunità di alterare lo scartamento esistente, ed ove il relatore cadde in alcune esagerazioni deplorevoli. Ma il Sig. Bidder appartiene all'antica scuola Brunel-Stephenson, e non sa adattarsi a modificare le vecchie sue idee; nè io farò all'intelligente lettore il torto di rilevare una ad una le fallacie che si trovano nel suo rapporto, che tuttavia parvemi utile di far conoscere, sia perchè contiene alcune osservazioni pregevoli, sia perchè presenta il miglior saggio degli argomenti di coloro che si oppongono ad ogni riduzione o cambiamento di binario.

Abbandonando questo argomento dirò, ad ulteriore prova della maturità con cui esso venne studiato per le linee dell'India, che si fece l'elenco delle merci che si hanno a trasportare in quel paese, ed, osservandone il peso ed il modo di spedizione, si trovò che sui 58 articoli che costituiscono il traffico principale, soli 7 sono troppo voluminosi per essere contenuti nei più ristretti vagoni attuali di quelle linee, ove se ne volesse completare il carico, e soli 5 non potrebbero capire nei vagoni più larghi, il che servì ad ulteriore dimostrazione della esuberanza dello adottato scartamento e della opportunità di restringerlo.

XIX. **Ferrovie diverse.** — Metterò a fascio in questo capitolo alcuni cenni su certe linee di fama mondiale, ora in corso di studio, ed altre a complemento di quanto venni fin qui esponendo.

Avendo or ora cessato di parlare dell'India, prima s'affaccia alla mente la linea dell'Eufrate. È noto come l'Inghilterra, per la quale diventa ogni giorno più essenziale il bisogno d'una pronta comunicazione co'suoi possedimenti in Asia, è lungi dal considerare la via di Brindisi come l'ultima espressione della rapidità cui deve soddisfare quella comunicazione. La via più celere è quella che per Vienna e Costantinopoli, attraversando la Turchia Asiatica e la Persia, procederebbe direttamente alle Indie, cosicchè il viaggiatore potrebbe recarsi a piedi asciutti da Calais a Calcutta. Ma se questa sarebbe senza dubbio la linea più rapida, pure presenta per gli interessi inglesi degli svantaggi politici, che non è qui il luogo di accennare, ma che persuadono quel paese, eminentemente pratico, a rivolgere i suoi sforzi verso una linea un po' più lunga, ma di più sicuro ed indipendente accesso: questa linea è quella che da Alessandretta, o da altro punto all' estremo oriente del Medi-

terraneo, tenderebbe per ora a Bassora nel Golfo Persico, ma che più tardi, forse nel secolo venturo, potrebbe rivolgersi direttamente o continuarsi per via di terra fino al fiume Indo, d'onde, come ho detto più sopra, già esistono comunicazioni ferroviarie al Sud con Bombay e Madras ed all'Est con Calcutta.

Fin dal 1856 una Compagnia inglese aveva ottenuto dal Governo Turco una garanzia d'interesse per la costruzione d'una linea da Scutari a Bassora. Questa linea formerebbe l'anello principale della comunicazione più diretta da Calais a Bassora, di cui sopra, ed arrecherebbe un colpo mortale agli interessi italiani. Fortunatamente, come ho accennato, questi collimano, quantunque per ragioni diverse, cogli interessi inglesi; inoltre il terreno da Scutari fino a Diarbekir od Aleppo si presenta montagnoso e difficile; e credo pure che altre potenze abbiano veduto di mal occhio questo progetto; il fatto sta che esso cadde ed ora gli vien sostituito altro ben più utile per noi, quello cioè dell'indicata linea da Alessandretta a Bassora, che nessuna alterazione arrecherebbe allo attuale percorso da Londra a Brindisi, almeno finchè non siano fatte le linee che da Salonicchio e, come altri vuole, dallo stesso Pireo vadano a collegarsi alla rete Ungherese; linee che ritengo non vedremo compiute per molti anni ancora, atteso il conflitto d'interessi cui dànno luogo, e che al postutto serviranno alle comunicazioni della Russia e dell'Europa Centrale coll'Oriente, ma non potranno mai togliere all'Italia il traffico dell'Inghilterra e dell'Europa d'Occidente.

Il Parlamento Inglese ha dunque, nell'ora scorso giugno, nominato una Commissione per istudiare la questione della più pronta e diretta comunicazione col Golfo Persico, all'oggetto di schivare così la difficile e lunga navigazione del Mar Rosso. Tre sono i progetti messi in campo a questo scopo. Secondo l'uno di essi la linea da Bassora ad Alessandretta procederebbe per l'Eufrate ed Aleppo; questo itinerario presenterebbe un risparmio di 1600 chilom. sulla via attuale delle Indie pel Mar Rosso. Secondo una variante di esso progetto quella ferrovia, anzichè per la valle dell'Eufrate, si stenderebbe lungo quella del Tigri toccando Bagdad. Il terzo progetto tenderebbe da Bassora, non più al Mediterraneo, ma sul Mar Nero a Trebisonda, la quale con un servizio di navigazione sarebbe messa in comunicazione con Varna, dal qual punto si crede che l'unione ferroviaria coll'Ungheria sarà presto eseguita. Quest'ultimo progetto sarebbe per noi egualmente fatale di quello per Scutari; ma esso va incontro, come l'altro, a difficoltà d'ordine politico, perchè la

chiave e l'accesso della linea sarebbero in mano alla Russia; oltrechè il tratto da Diarbekir a Trebisonda deve riescire di difficilissima costruzione, come appare dalla semplice ispezione d' una buona carta geografica: epperciò il progetto ha pochi fautori; e quanto alla lotta fra le due valli dell'Eufrate e del Tigri, a noi poco importa dal momento che il punto di partenza per entrambe le linee si manterrebbe a Alessandretta; pare che il vantaggio della linea pel Tigri consista nell' essere il paese molto più popolato, e di maggior traffico, mentre d'altra parte la linea per la valle dell'Eufrate se anche non presenta un terreno più facile per la costruzione dà sicuramente un raccorciamento di forse 200 chilom.

È bensì vero che, ragionando dal punto di vista dei nostri interessi, vi è da temere che dopo fatta la linea di Bassora ad Alessandretta venga ad eseguirsi la diramazione da Aleppo a Scutari, a farsi il ponte sullo stretto ed a stabilirsi così la via che sarebbe veramente la più breve da Calais a Bassora, all'infuori dell'Italia; ma il terreno da Scutari ad Aleppo o Diarbekir è eccessivamente difficile; e poichè l'Inghilterra, pelle ragioni cui ho accennato, non ne favorisce la costruzione, sarà difficile, almeno per questo secolo, che la si possa compiere; e quanto al secolo futuro, ci pensi cui tocca; e intanto pensiamo noi a godere dell'ottima parte che ci verrebbe fatta colla linea ora in progetto, eseguita la quale il tragitto da Londra a Bombay potrebbe aver luogo nel tempo qui indicato, cioè;

da Londra a Brindisi.	giorni	2	ore	10
da Brindisi, per mare, ad Alessandria .	»	4	»	10
da Alessandria a Bassora.	»	2	»	
da Bassora a Bombay	»	5	»	8
Totale	giorni	14	ore	4

di cui giorni 4, 8^h in ferrovia e giorni 9, 20^h in mare.

Premessi questi cenni per dare un'idea dell'importanza della ferrovia e venendo all'argomento che mi occupa, dirò come per questa sia ora stata messa in campo la questione dello scartamento; la linea dell'Eufrate, lunga 1360 chlom., era già stata peritata in L. 147000 al chilom. pel caso d'uno scartamento normale. Ed ora i fautori dello scartamento ridotto propongono un binario largo 0^m,91 ed assicurano che a questo modo non costerebbe che L. 75000 al chilom. e si verrebbe così a ridurre grandemente la garanzia che senza dubbio dovranno prestare i Governi inglese e turco perchè sia possibile trovare un concessionario di tanta impresa.

Volgendoci ora ad Occidente troviamo quell'altro ancor più grandioso progetto d'una seconda linea trans-americana pel Canadà, cioè a Nord di quella ora esistente da Nuova York a San Francisco; ed anche per questa linea, come risulta dai giornali americani, venne messo in campo ed è seriamente sostenuto lo scartamento di $0^m,91$; perchè, dicono essi, non basterà ad ogni modo per noi lo scartamento che ora venne adottato per le linee dell'India?

Nella California, sempre secondo gli stessi giornali, si è di recente costituita una società col capitale di 5 milioni di lire appunto per promuovere ed eseguire la costruzione di ferrovie a scartamento ridotto, e se ne valuta il costo medio in quel paese a L. 38000 al chilom.

Il Governo di Costa Rica ha pure concesso alcune linee ferroviarie da farsi nel suo territorio alle condizioni seguenti: pendenza massima 4 per cento; raggio minimo delle curve 25^m; rotaie 21 chilogr. al m, l.; e larghezza del binario m. 1,067.

Anche nell'Egitto si studia una rete di ferrovie di larghezza ridotta; e si crede che la Russia, in seguito agli esperimenti che fece e sta facendo, come ho descritto a suo luogo, voglia valersi dell'economia che presentano le ferrovie ridotte per introdurle anche in Siberia.

Spenderò ora due parole sopra una ferrovia molto economica, quantunque a scartamento normale, costrutta da poco tempo in Inghilterra per uso privato del Duca di Buckingham. Questa linea, lunga in tutto 12 chilom., dovette farsi con binario largo $1^m,50$ perchè serve al traffico tra certi possessi del Duca e la vicina rete ferroviaria ed è esercitata collo stesso materiale di questa. I rilevati hanno l'altezza massima di $3^m,60$ ed i tagli la profondità massima di 3^m; la pendenza non eccede l'1,7 per cento e le curve hanno il raggio minimo di 160^m; non vi sono ponti, e l'intersecazione con due strade provinciali che s'incontrano si fa con passi a livello; l'armamento è costrutto con rotaie Vignole di 15 chilogr. al m. l., assicurate mediante bolloni su sostegni *longitudinali* di legno preparato al creosoto, il parallelismo dei quali vien mantenuto mediante sbarre trasversali di ferro di $0^m,018$ di diametro, di cui se ne trova una ad ogni $3^m,60$; la massicciata è larga 3^m ed è profonda da $0^m,15$ a $0^m,22$ sotto le lungarine.

In queste circostanze e non essendovi state, per questa linea privata, le spese parlamentari e legali che, come altrove ho dimostrato, rappresentano così larga parte nel costo

delle ferrovie inglesi, la linea potè farsi per L. 22,000 al chilometro, non compreso il valore del terreno ed escluso il materiale mobile, di cui finora non vi fu bisogno, facendosi l'esercizio con carri della vicina linea principale, che per ora sono rimorchiati da cavalli.

Infine devo far cenno di due altre linee italiane a scartamento ridotto; l'una è quella da Torino a Rivoli destinata quasi esclusivamente al trasporto di persone, e che giace per intero sulla via carrettiera; essa è in costruzione, anzi pressochè ultimata.

L'altra è quella da Novara a Varallo che trovasi all' asta; siccome però si hanno serie offerte di case rispettabili che ne intraprenderebbero la costruzione al prezzo di perizia e secondo il progetto già approvato dal Ministero, così i relativi dati possono considerarsi come passati alla prova del fatto, e ne riassumo i principali: lunghezza della strada chilom. 53; larghezza del binario $1^m,10$; larghezza del corpo stradale 4^m da ciglio a ciglio; massicciata alta $0^m,40$, larga, in base, $2^m,80$; fossi larghi $0^m,50$ sul fondo. Prevalgono i muri a secco con scarpa interna di 1 : 5. Pei piccoli corsi d'acqua e fino a luce di $2^m,50$ si adottarono acquedotti *scoperti,* mettendo sotto le rotaie delle lungherine ogni volta che la luce eccede i $0^m,60$, ossia la distanza fra le traverse. Il limite delle pendenze è 1,26 per cento: il raggio minimo delle curve è di m. 100.

La chiusura consiste in due o tre fili di ferro sostenuti da pali. Le due gallerie che s'incontrano, l' una di 55^m l' altra di 14, sono alte e larghe 4^m. In due o tre punti sono progettate considerevoli opere di difesa contro il fiume Sesia.

Sulla linea si trovano, oltre alla stazione principale di Varallo, num. 11 stazioni intermedie o fermate.

L'armamento è fatto con regoli da 22,5 chilogr. al m. l. di forma Vignole congiunti a compressa ed assicurati con arpioni alle traversine.

Per l'esercizio, volendosi fare soli treni misti, si progettarono locomotive senza tender a 6 ruote accoppiate di 16 tonn. di peso, a un di presso come quelle di Monteponi, che sono del medesimo autore. Nel preventivo figurano 3 locomotive, 10 vetture e 40 carri.

La spesa totale, garantita, come ho detto, da un'offerta di costruzione, è di L. 3,200,000, ossia circa L. 60 mila al chilom. compreso il materiale mobile; mentre la stessa strada costrutta al modo ordinario importerebbe, secondo il dettagliato progetto

che ne venne fatto, L. 5,000,000; o, se costrutta a scartamento ordinario, ma coi più economici sistemi, costerebbe sempre L. 4,150,000.

Questo è dunque un esempio dell' economia ottenibile colla riduzione dello scartamento; e si noti che solo una metà della linea è di costruzione difficile, ossia in quelle condizioni appunto in cui la riduzione del binario apporta i maggiori vantaggi.

Ed ora, poichè questo capitolo è divenuto un'*Olla Podrìda*, me ne valgo per aggiungere alcuni fatti che hanno relazione coll'argomento e possono coadiuvarci a dedurre dalla presente esposizione quelle conclusioni che sono scopo dell'opera.

Così, avendo io per queste linee economiche e ristrette, dato il rapporto fra il peso lordo ed il carico del rispettivo materiale mobile, trovo utile di esporre un esempio di vagoni che, su linee a scartamento normale, dànno per fermo un effetto utile dei più elevati, onde serva di paragone. Sono, questi, i vagoni per trasporto di carbon fossile in uso sulla linea da Baltimore all'Ohio e di cui la fig. 31 dà una metà del prospetto e una metà del taglio longitudinale, la fig. 32 porge la pianta, metà vista di sopra, metà di sotto, e la fig. 33 infine presenta una mezza sezione trasversale, ed una mezza vista di dietro; questi disegni sono ricavati dal « Portefeuille économique des Machines. »

Il treno del carro, montato su 8 ruote di $0^m,75$ di diametro, è in legno; la cassa è in ferro e si compone di 3 porzioni di cilindro di $3^m,10$ di diametro ed $1^m,60$ d'altezza, che terminano ad imbuto (T, T fig. 33) pel quale si scarica il carbone mediante una porta mobile sul fondo della cassa. La distanza fra gli assi estremi è di $3^m,15$; le leve di compenso *a, b* (fig. 32) riuniscono gli assi due a due; le leve sono rigide, portano sul loro mezzo la molla di sospensione *d, d,* che il disegno dinota essere in caoutchouc, e possono oscillare alquanto sull'asse *o* (fig. 32 e 33), il che dà al carro una certa flessibilità nelle curve quantunque gli assi non possano disporsi secondo il raggio di queste: è un ripiego molto economico sostituito ai soliti carri girevoli su perno di uso generale in America.

Questo vagone pesa da 4250 a 4500 chilogr. e porta 10 tonn.; fu data alla cassa la forma arrotondita onde facilitare lo scarico del carbone per l'imbuto; ma dove lo scarico, come più generalmente avviene, si opera dai fianchi, la cassa può farsi rettangola con ulteriore guadagno nel rapporto fra il peso utile e quello lordo.

L'ultimo fatto che voglio esporre si è una riduzione dello scartamento di una linea eseguitasi mediante un lavoro che mi sembra un prodigio di prontezza e precisione, e che vien descritto da un corrispondente americano del « *Times* ».

La linea da Cincinnato a S. Luigi, lunga 544 chilom., era fatta con binario largo $1^{m},83$; dopo varie vicende, essa cadde in mano alla Società della linea da Baltimore all'Ohio, poc'anzi accennata, che ha lo scartamento di $1^{m},50$; allora, per avere unità di material mobile, si deliberò di ridurre lo scartamento di quella, pure ad $1^{m},50$. I preparativi consistenti nel tracciar la nuova giacitura dei regoli, e nel piantare i cuscinetti di unione, e tutte le caviglie, senza però condurle a fondo, durarono alcuni mesi; nel giorno fissato pel trasporto dei regoli, che fu il 23 ora scorso luglio, la strada si divise in 68 sezioni di 8 chilom. caduna, e su ogni sezione si misero all'opra due squadre di 20 uomini l'una, che, cominciando il lavoro alle due estremità della sezione, tendevano a riunirsi nel mezzo. Consisteva il lavoro nello spiantar le esistenti rotaie e trasportarle di $0^{m},165$ verso l'asse del binario; si cominciò all'alba, ed alle ore 4 pom. la locomotiva percorreva per intero la nuova linea! la sospensione del servizio durò, così, un giorno solo.

Per animare il personale, questo era pagato in ragione di L. 1,25 l'ora; in ogni squadra precedevano quattro così detti *dentisti* che strappavano le caviglie; poi venivano quelli che trasportavano le rotaie mettendole nel nuovo sito; chiudevan la marcia le squadre che finivano di piantar le caviglie già a mezzo poste a sito.

Anche questo è un sintomo della tendenza a riconoscere la niuna necessità dell' aumento di larghezza che tanto era in voga in altri tempi; all'inaugurazione della descritta opera presiedeva un prete cattolico che così arringava gli operai; « voi sapete, o miei cari, che la via *stretta* è quella che conduce al Cielo, mentre la via *larga* mena all'inferno »; « ed alla rovina finanziaria delle compagnie » eccheggiò il presidente della Società.

XX. **Riassunto e Conclusioni.** — In un argomento così complesso e che presenta tante quistioni diverse, trovo impossibile di formulare delle conclusioni. Poichè, a meno di ripetere tutte le osservazioni che feci man mano che le questioni si sono affacciate, correrei rischio di spiegarmi così imperfettamente

da essere troppo facilmente mal compreso e da incorrere così in quei pericoli che avvertii nell'introduzione.

La materia non si presta ad essere trattata dogmaticamente; gli esempi esposti ci possono servire di guida o di lezione secondo la loro natura; ma ogni caso che si presenta vuol essere studiato con criterii proprii.

Sarebbe difatti ozioso, per esempio, l'invocare il fatto esposto al § V di certe vie Svedesi esercitate con L. 2000 a L. 2500 al chilometro per conchiudere che anche noi possiamo far linee che si possano esercitare con sì modica somma; il fatto esposto sta; anzi da nuovi ragguagli, ora appunto ricevuti dalla cortesia del prelodato Ing. Capo Sig. Phil, rilevo che anche le linee Norvegesi da Hamar ad Elverum, e da Trondhjem a Storen, ampiamente descritte nella mia prima relazione, costarono nell'esercizio del 1869 rispettivamente L. 2575 e L. 3316 al chilometro, con due treni al giorno, e la stessa linea di Dramman, con *tre* convogli giornalieri, non costò che L. 2784; ma io devo riferirmi all'accennata relazione per tutte le cause che concorrono a questi risultati, che, esposti senza di quelle, possono indurre in errore; noto del resto che su queste tre ultime linee l'introito non fu che di L. 3219, L. 3412 e L. 4119 al chilometro rispettivamente, dal che si vede che l'interesse sul capitale speso è pressochè nullo, ed è solo per l'interesse generale del paese che il Governo Norvegese mantiene, ed anzi pensa seriamente ad estendere queste linee, attenendosi allo scartamento ridotto appunto onde la perdita riesca la minima possibile.

Assieme ai fatti, inoltre, ho pure esposto le opinioni di alcuni fra i più distinti ingegneri del mondo; e, queste non essendo concordi, non voglio io certamente farmi giudice fra cotanto senno.

Invece adunque di sentenziare con delle conclusioni, d'altronde perfettamente inutili, perchè ognuno che ha criterio può formarsele da sè, impiegherò questo capitolo finale nell'esporre sull'argomento alcune altre considerazioni, terminando con alcuni dati di confronto sulle diverse specie di materiale che ho descritto, e procurando di trarne qualche utile precetto.

Abbiamo visto col fatto come niuno ormai disprezza l'economia che deriva certamente, in ogni caso, dalla riduzione dello scartamento, ogni volta che per ispeciali circostanze essa non é assorbita dalle spese di trasbordo. Non giova il dire che può farsi molto economicamente anche una linea a larghezza ordi-

naria : questo è vero, ma io penso che sarà sempre impossibile l'esercitarla con poca spesa, perchè facendo capo ad una linea principale sarà sempre, tosto o tardi, esercitata collo stesso materiale di questa, collo stesso personale, colle stesse idee e perfino cogli stessi pregiudizi. E quanto alle spese di trasbordo, aggiungerò qui, ai pareri ed ai fatti già esposti, anche l' opinione del Signor Flachat che ritiene non poter esse, in media, ascendere a più di quelle del trasporto di 4 chilom. ; in altri termini egli le valuta in L. 0,20 per tonnellata.

In punto a capacità di trasporto la linea di Festiniog dimostra a quanto traffico si possa dare sfogo anche con binario ridotto, se bene esercitato.

Rimane la questione della velocità e della sicurezza su cui è pure opportuno dire alcune parole. La stabilità di un veicolo dipende essenzialmente dall'angolo che formano fra loro le due linee che, dal punto di contatto di ognuna delle due ruote dell'asse colla rotaia, vanno al centro di gravità : quanto più è ampio quest'angolo, tanto è più stabile il carro. Ora, data una certa altezza di carico sul fondo del vagone, basterà abbassare le ruote, od in altro modo abbassare il centro di gravità di un carro a scartamento ridotto, perchè esso raggiunga la stabilità dei carri sulle più larghe linee : per esempio, l'ingegnosa disposizione delle vetture sulla linea di Festiniog è quella che ne rende il servizio così sicuro e stabile come su qualunque altra ferrovia.

Nei paesi poi dove l'azione del vento può divenire ragguardevole, a mantenere la stabilità del carro ed impedire che si rovesci di fianco, conviene abbassarne le sponde e limitare l'altezza loro.

Però le cause disturbatrici hanno sulla corsa del veicolo una influenza in ragione inversa dello scartamento, il che è ovvio a comprendersi se si considera che esse avvengono in senso trasversale ; lo stesso accade dell'azione delle molle ; epperciò, in pratica, non si ritiene che si possa su di una linea ridotta viaggiare colla velocità che è sicurissima sulle strade ordinarie. Però la ormai lunga esperienza delle linee Norvegesi prova che su di una strada larga 1,067 si può con tutta sicurezza camminare a velocità di 40 a 45 chilometri l'ora ; ed anzi ricordo di avere io stesso camminato, per prova, a velocità maggiore senza inconvenienti.

La velocità, con cui si vuol viaggiare, pone adunque un limite alla riduzione dello scartamento.

Vuolsi anche osservare che le vibrazioni verticali laterali, prodotte specialmente dalle ineguaglianze della strada, hanno non solo sulla corsa dei veicoli, come ho detto pur ora, ma anche sulle rotaie un effetto maggiore in uno scartamento ridotto: quindi il peso di queste non deve diminuirsi che in una ragione minore di quella del carico che devono sopportare nelle vie più ristrette.

Nello scegliere lo scartamento per una linea in progetto, vuolsi inoltre fare attenzione alla natura, o meglio al volume delle merci da trasportare; la larghezza dei vagoni non deve mai eccedere il doppio di quella del binario, ed è quindi limitata, mentre un limite alla sua altezza è posto dalla necessità di tener basso il centro di gravità; dal che segue che se le merci sono assai leggiere, può convenire di allargare lo scartamento per aver vagoni che viaggino a pieno carico.

Questo carico, poi, vuol essere il massimo possibile, e sarà in ottime condizioni di economia di esercizio solo quella strada, su cui, aumentando il peso ed il carico dei vagoni e riducendo quello di ogni ruota delle locomotive, abbiansi tutti gli assi del treno quasi egualmente carichi come si ottiene sulla linea di Tavaux-Ponsericourt. In tal caso l'armamento non costerà più di quello di una ferrovia a cavalli; anzi potrà mantenersi con una spesa ancor minore, perchè non si avranno i guasti considerevoli che cagionano le bestie.

La diminuzione di velocità è un altro essenzialissimo elemento d'economia nell'esercizio; ed altro simile elemento può, nella costruzione, ottenersi servendosi delle strade carrettiere ed assoggettando i treni alle stesse prescrizioni vigenti per le locomobili, come si è fatto in Prussia (Vedi § 1°). Ed è a questo modo che vediamo delle ferrovie costrutte, non compreso il materiale mobile, con poco più di 20 mila lire al chilometro, cifra che non dovrebbe però mai invocarsi senza addurre le circostanze che l'hanno resa possibile.

Premesse queste cautele non parmi inutile rassegnare, nel presente quadro, a guisa di epilogo, i dati più interessanti delle ferrovie che ho descritto, ommettendo quelle per le quali non ho esposto che i particolari del materiale mobile, il quale farà oggetto di altro quadro comparativo, e quelle fra le linee comprese nella precedente relazione su cui non posso presentare più recenti

ragguagli. Devo anche necessariamente ommettere le linee aeree, la cui spesa è in esatta proporzione col traffico di cui si vogliono capaci, e le strade elevate delle quali non ho parlato che come di cosa in progetto.

DESIGNAZIONE DELLA LINEA	Larghezza del binario (metri)	Lunghezza della linea (chilom.)	USO della LINEA	SISTEMA di ESERCIZIO	Peso delle rotaie per metro lineare (chilogr.)	Peso massimo su ogni ruota (tonnell.)	Pendenza massima della linea
Broelthal (Prussia) .	0,79	22,1	Trasp. merci	Locomotive a 6 ruote accoppiate	18	3,125	1,
Tallylin (Paese di Galles).	0,68	12,8	Trasp. merci e persone	Id. a 4 ruote accoppiate e 2 libere			1
Tavaux-Ponséricourt.	1	12,7	Uso privato	Id. a sole 4 ruote accoppiate	13	(4) 2	7
Festiniog (Paese di Galles)	0,61	23	Merci e persone	Id. a 4 ruote, e locomotiva Fairlie	25	2,5	1,
Borås-Uddevalla (Svezia (8) (5). . . .	1,20	131	id.	Locomotive a 6 ruote di cui 4 accoppiate	22,5	3	1,
Uttersberg (Svezia (8)	1,09	36	id.	Id. Id.	18	2,25	
Hamar-Elverum (Norvegia) (11). . . .	1,067	39	id.	Id. Id.	18	2,75	1,1
Trondhjem - Storen (Norvegia) (11). .	1,067	48,6	id.	Id. Id.	18	3,25	2
Drammau (id.) (12) .	1,067	90,4	id.	Id. Id.	18	(13) 3,25	1,
Diriggoi (Ungheria) .	0,35	8	Uso privato	A cavalli	1,5		
S. Leone (Sardegna).	0,80	15	id.	Locomotive a sole 4 ruote accoppiate	13	1,625	
Monteponi (id.). . .	1	14	Id.	Id. a 6 ruote accoppiate	20	2,66	2
Anversa-Gand (16) .	1,10	50	Merci e persone	Locomotive a ruote libere.	25	4	0,
Lisbona		110	id.	Larmenjat			
Righi (Svizzera) . .		5	Persone	Locomotive ad ingranaggio	17	3,125	
Toronto (Canadà). .	1,067	250	Merci e persone	Id. a 6 ruote accoppiate e due girevoli	20	3	
Missouri	0,90	48	id.	Locomotive usuali			1,
Queensland (Australia) (20)	1,067	382	id.	Locomotive a 6 ruote accoppiate		3 a 4	
Victoria (id.) (22). .	1,60	152	id.	Id. ordinarie	20	3 a 4	
Id.	1,067		id.	Id.			
Tasmania.	1,067	200	id.	Id.			
Kotree-Moltan (India)	0,838	648	id.	Locomotive a 4 ruote accoppiate e 2 libere	18	3	
Id.	1,676	648	id.	Id. Id.	22,5		
Id.	1,067	648	id.	Id. Id.	21		
Linea dell'Eufrate. .	0,91	1360	id.	Locomotive ordinarie			
Id.	1,50	1360	id.	Id.			
Buckingham. . . .	1,50	12	Privato	A cavalli	15		1

(1) Questa è la spesa colle antiche rotaie da 13 chilogr.; l'aumento di 5 chilogr. fattosi nel peso di queste equivale ad un aumento di spesa di L. 2225 al chilom..
(2) Variò secondo gli anni da 2900 a 3200; ora è piuttosto in diminuzione.
(3) Id. id. da 1470 a 1650; tende all'aumento, a pari traffico.
(4) Tanto pei vagoni che pelle locomotive.
(5) Le cifre di questa linea differiscono da quelle della mia precedente relazione perchè si riferiscono alla media dell'intera linea ora in esercizio, mentre allora si limitavano ad una parte.
(6) In origine si spese meno della metà; il resto si ricavò dagli utili.
(7) Queste sono le spese vere d'esercizio, cui sono da aggiungere L. 5000 al chilom. per imposte e passività diverse.
(8) Risultati del 1868.
(9) La porzione più economica costò L. 62125.
(10) Parte della linea fu aperta prima.
(11) Risultati del 1870.
(12) Id. id. 1869.

Raggio minimo delle curve metri	SPESE DI COSTRUZIONE PER CHILOMETRO Strada	 Mat. Mob.	 Totale	Numero dei treni giornalieri in cadaun senso	Provento annuo chilometrico Lire	Spese di esercizio per chilometro Lire	Epoca della apertura della linea	*OSSERVAZIONI*
38	21000	4243	(1) 25243	1	(2) 3000	(3) 1550	1862	Scorre continuamente sulla via carrettiera, ceduta *gratis*
				3			1865	
30	16977	9357	26334	»	»	»	1868	Mancando alcune opere di finimento, il costo totale della strada può ritenersi in L. 28 mila al chilometro.
40			(6) 93700	5	21200	(7) 9220	1864	
300	63740	8050	(9) 71790	2	3375	2535	(10) 1867	Dunque dopo il 1867 crebbe la spesa e calò l'introito.
	25713	4372	30085	2	3375	2000	1866	Dal 1867 crebbe l'introito di quanto crebbe la spesa.
270	42300	6800	49100	2	3219	2575	1862	Dal 1867 crebbe molto l'introito e meno la spesa.
225	78245	5088	83333	2	3412	3316	1864	Id. crebbero più le spese che il prodotto.
270	64264	6160	70424	3	4119	2784	(14) 1866	
11	6250						1870	
(15) 45							1867	Ora è ferma.
100	59000	11000	70000				1871	
900			(17) 103390	8	17500	10110	1846	
			(18) 70450					La costruzione ne è appena incominciata.
180			260000				1871	
105			50000					È in costr.; i Comuni danno sussidio di L. 15 m. al chilom.
60	(19) 25500							È in costruzione.
100			(21) 137500		5240	4585	1865	
			80000				1869	
			50000				1869	
			(23) 81500					Strada in progetto.
	68200	13050	81250					Progetto Strachey, Dickens e Rendel.
	90500	19500	110000					
	70500	15500	86000					Progetto Fowler.
			75000					Nuovo progetto Fairlie.
			147000					Antico progetto a sistema normale.
160	22000		(24) 22000				1870	

(13) Vi sono anche nuove locomotive leggiere con 2 tonn. per ruota fatte per linee ove si vuole ridurre a 15 chilogr. il peso delle rotaie.

(14) Aperta in parte a tal epoca.

(15) Si trovò che queste curve erano troppo strette per quel materiale mobile.

(16) Risultati del 1868.

(17) Con questa spesa si fece la linea con rotaie di 22 chilogr.; le nuove rotaie si pongono di 25 chilogr. e questo equivale ad un aumento di spesa di L. 1500 al chilom.

(18) Costo secondo il preventivo.

(19) Cifre dell'appalto.

(20) Risultati del 1869.

(21) Le linee più favorevoli costarono L. 102350, e le più costose L. 201500 al chilometro.

(22) Ferrovia normale costrutta economicamente.

(23) Contro un preventivo di L. 110000 ove si adotti lo scartamento di 1,60.

(24) Oltre al valore del terreno, e senza materiale mobile, facendosi servire quello delle adiacenti linee principali.

Questo quadro ci rappresenta dei prodigi di economia nella costruzione, ed anche nelle spese d'esercizio ; ma il prodigio di rendere proficuo il capitale d'impianto su una linea di poco reddito non è operato in alcun sito. Poichè anche in quelle fra le linee descritte nel detto quadro, per le quali le spese dell'esercizio non possono dirsi complete cosi da comprendere tutto il rinnovamento del materiale mobile e dell'armamento, il residuo attivo non dà che un interesse insignificante ; e questo interesse non risulta notevole che per le ormai vecchie linee di Festiniog e di Gand, che hanno un introito elevato, e la linea di Broelthal per la quale mi riferisco alle osservazioni esposte nel § 1°

Ho notato nel quadro il peso delle rotaie, ed il peso massimo gravitante sulle ruote onde si veda a quali condizioni soltanto è permesso di fare economia nell'armamento ; vi è però anche la *velocità* che deve avere influenza su tal peso perchè con essa crescono gli urti e le scosse ; ed inoltre anche il numero delle traversine deve considerarsi assieme al peso delle rotaie, potendo in date località, e secondo i rispettivi prezzi, convenire di abbondare in quelle piuttosto che in questo.

Giova ora fare il paragone delle diverse locomotive per vedere quale sia il sistema che meglio convenga secondo i diversi bisogni di forza, di velocità e di peso che possono presentarsi in un dato progetto ; e siccome nelle strade di cui è quistione è sempre essenziale il restringere quanto più è possibile il raggio delle curve affine di economizzare nella costruzione, aggiungerò la base rigida di ruote assegnata nei diversi casi.

Nel quadro comparativo, che segue, la forza di trazione delle macchine, di cui nella colonna 12, venne calcolata colla formola $\frac{d^2 l}{D}$ moltiplicata per la pressione di cui alla colonna 11 corretta con un coefficiente di 0,60. Trovo difatti che quest'ultimo prodotto corrisponde alla pressione media nei cilindri se si lavora con espansione, e dedotta la contropressione. Quando perciò si volesse paragonare queste cifre a quelle relative ad altre macchine bisognerebbe aver presente ilcoefficiente con cui si calcolarono

Le velocità segnate nella colonna 14 sono quelle che corrispondono alla forza notata nella colonna 12 : tal volta l'ho calcolata direttamente dalla superficie di riscaldamento ; tal'altra la desunsi dalla pratica ; e siccome alcune volte questa corrisponde, non allo sforzo notato nella colonna 12, sibbene la voroal

giornaliero che è d'ordinario minore, ho fatto in questo caso l'opportuna correzione, diminuendo la velocità pratica, cosicchè il prodotto di essa per lo sforzo di trazione della colonna 12 pareggiasse il prodotto dello sforzo per la velocità desunto dall'atto pratico.

Ho aggiunto la colonna 18 perchè, attesa la difficoltà di avere esatti ragguagli sulla precisa velocità che la macchina può mantenere, i risultati della colonna 17 non dànno sempre una idea giusta dell'economia di peso che la macchina presenta; mentre il peso, riferito alla superficie di riscaldamento, ci porge un dato egualmente essenziale e più costante, quantunque non matematicamente esatto, perchè non tutte le superficie di riscaldamento sono egualmente ben disposte così da produrre lo stesso effetto, ed il vapore da esse generato può essere poi impiegato più o meno economicamente, secondo le dimensioni dei cilindri, la pressione ed il grado di espansione, oltre alle influenze meccaniche, ai disperdimenti, alle resistenze ecc. ecc., le quali circostanze tutte si rilevano praticamente nella *velocità* che la macchina può mantenere, e che serve di base alle cifre della colonna 17.

DESIGNAZIONE DELLA LINEA	Larghezza del binario	Raggio minimo delle curve	SISTEMA della LOCOMOTIVA	Peso del tender separato	Lunghezza della base rigida	Peso della macchina in istato di servizio		
						sulle ruote motrici	sulle altre	Totale
	m.	m.		tonn.	m.	tonn.	tonn.	tonn.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Broelthal . . .	0,79	38	6 ruote accoppiate	0	2	12,5	»	12,5
Tallylin	0,68		4 id. id.	0	2			
Dinorwic . . .	0,58	ristrettissime	4 id. id.	0	1,30	9	»	9
Tavaux - Ponséricourt	1	30	4 id. id.	0	1,25	7,5	»	7,5
Festiniog (Fairlie)	0,61	40	Una sola caldaia su due carri girevoli con 4 ruote accoppiate ciascuno e 4 cilindri	0	1,50	20	»	20
Norvegia . . .	1,067	270	4 ruote accoppiate e 2 libere girevoli uso Bissel.	0	2	13	4	17
S. Leone	0,80	45	4 ruote accoppiate	0		6,5	»	6,5
Monteponi . . .	1	100	6 id. id.	0	2,10	16	»	16
Righi		180	Ingrana colla rastrelliera collocata sulla strada; caldaia verticale.	0	»	»	»	12,5
Giappone. . . .	1,067		4 ruote accoppiate e 2 libere	0	(6) 3,80	14	4,5	18,5
Progetto Mais. .	1,067		4 ruote accoppiate e 2 libere girevoli uso Bissel.	0		12,5	4,5	17
Australia Occidentale	1,067		4 ruote accoppiate.	0	2,50	10	»	10
Denver Rio Grande	0,91		4 ruote accoppiate e 2 libere.	7		9	2,3	11,3
Id. Id.	0,91		6 id. id.	7		11	2,4	13,4

(1) A calcolo.
(2) Pressione presunta.
(3) Non conosco la velocità ottenuta mentre la macchina sviluppa la forza di 3000 chilogr. che risulta dalla prova fatta e non dal calcolo, ma basandomi su quella che si ebbe con uno sforzo di 2200 chilogr., che è il lavoro normale giornaliero di questa locomotiva, ne ho dedotto la forza in cavalli.

Peso totale della macchina vuota	Pressione in caldaia	Forza di trazione	Superficie totale di riscaldamento	Massima velocità possibile collo sviluppo della indicata forza	Forza in cavalli	Rapporto fra la forza di trazione ed il peso sulle ruote motrici	Peso di macchina e tender vuoti per ogni cavallo di forza	Peso (medesimo) per ogni m. q. di superficie di riscaldamento
tonn. 10	atm. 11	chilogr. 12	m. q. 13	m. per 1″ 14	15	16	chilogr. 17	chilogr. 18
(1) 10	6	964	15,66	2,75	37	1 : 13	270	638
	(2) 6	822		8	87			
(1) 7,5	(2) 6	758	15	4	40	1 : 12	187	500
5,7	(2) 8	945	19,38	4	50	1 : 8	114	293
16	11	3000	65,4	(3)	(3) 176	1 : 7	91	245
14,8	(2) 9	1500	(4) 37,5	(1) 8	160	1 : 8,6	93	(4) 395
(1) 5	7,5	650		2	18	1 : 10	277	
12,1	10	2300	39,5	4,4	135	1 : 7	90	306
(1) 10	9	(5) 6600		1,5	132	»	76	
(1) 15	8	1500	50	(1) 8	160	1 : 9,3	94	300
(1) 14	(2) 9	1600	33	6	128	1 : 8	110	423
8,5	(2) 9	670	18			1 : 14,5		472
10	(2) 9	1125	»	10,3	150	1 : 3	113	
12	(2) 9	1500	»	9	180	1 : 7,3	105	

(4) Secondo ulteriori ragguagli ora ricevuti dallo stesso Sig. Phil la superficie di riscaldamento di queste macchine sarebbe di m. q. 38,65, ciò che riduce a 383 il peso della macchina per ogni m. q. di tale superficie.

(5) Calcolo basato sul fatto che la macchina tira un vagone e 82 persone sulla pendenza del 25 per cento.

(6) Però le ruote libere possono prendere un po' di movimento laterale.

Considerando le cifre di questo quadro, troviamo primieramente che tutte queste macchine, salvo una sola eccezione, hanno il tender adosso ; è questa ormai una condizione elementare di economia, cui si può sempre soddisfare ogni volta che, come d'ordinario avviene nelle linee di terzo ordine, le fermate sono frequenti, così che non occorre troppa quantità di provvigioni sulla macchina. Rilevasi quindi una poco regolare proporzione fra la base delle ruote ed il raggio minimo delle curve da percorrersi ; tuttavia ne risulta la possibilità di percorrere curve di 40 a 50 metri di raggio con una base di ruote di m. 1,50, mentre quelle di 100^m possono comodamente percorrersi con una base da 2 a 2^m,50.

Quanto all'accoppiamento delle ruote notasi che sulle linee con servizio di viaggiatori, ove deve mantenersi una velocità maggiore ed occorre minore sforzo, e perciò minore aderenza, si mettono talvolta due ruote libere per meno affaticare la strada e la macchina stessa. Ma per servizio di merci, a piccola velocità, e su pendenze di qualche riguardo sarà sempre conveniente avere le 6 ruote accoppiate, quando pel peso della macchina ncn sia il caso di limitarle a sole quattro.

Il coefficiente di aderenza della colonna 16, che è quello necessario per esercitare lo sforzo segnato nella colonna 12, risulta in generale assai piccolo e quindi facile ad ottenersi ; ma si avverta che esso fu calcolato in ragione d'una forza di trazione piuttosto inferiore a quella di cui la macchina è capace, poichè supposi che l'introduzione del vapore cessasse ai $^3/_8$ della corsa. Ora in queste macchine, soprattutto in quelle per servizio di merci, conviene talvolta, anche con sacrificare un po' dell'economia del combustibile, camminare a maggior forza, ed anche a *tutta forza* per dare sfogo a maggior traffico con minor numero di treni ; ed in questi casi l'aderenza sarà sufficiente, non più esuberante ; faccio eccezione per la macchina di Monteponi che é destinata a fare uno sforzo inferiore a quello notato, ossia di non più di 2000 chilog. col quale il coefficiente necessario d'aderenza si riduce ad $^1/_8$. Inoltre si noti che per formare le cifre di questa colonna ho ritenuto il peso aderente della macchina *col carico completo delle provvigioni* ; ma durante il viaggio queste diminuiscono ed allora occorre un coefficiente un po maggiore di quello già notato ; però l'aderenza per la forza indicata alla colonna 12 è, per ogni ordinaria eventualità, sufficiente in tutte queste locomotive.

La colonna 17 presenta, a proposito della macchina del Righi,

quello, che pare un'anomalia, ma che facilmente si spiega coll'aderenza artificiale di cui gode per l'ingranaggio, per cui non è necessario che la macchina sia pesante affine di poterne utilizzare la forza; e siccome d'altra parte ogni chilogrammo di macchina è un peso improduttivo che costa *moltissimo* a tirar su per la pendenza del 25 per cento, ne segue che convenne economizzare nel peso anche a costo di qualche sacrificio nella durata e nella solidità della macchina. Fatta adunque questa eccezione, il quadro ci mostra essere possibile fare una buona macchina con un peso da 90 a 100 chilog. per cavallo, e ci fa vedere l'errore commesso da chi abbisognò di un peso triplo per lo stesso lavoro. Nè sfuggirà a chi esamini il quadro come egli sia specialmente coll'aumento della pressione, che si riesce a diminuire il peso della macchina, e che il cattivo risultato, per esempio della macchina di Broelthal, ossia la sua eccedenza di peso sull'anzidetto limite, è *per una metà* dovuta alla scarsa pressione con cui si lavora, mentre ormai non dovrebbero più ammettersi pressioni inferiori alle 9 o 10 atmosfere effettive; col che, oltre al guadagno nel peso, si avrà anche maggior economia di combustibile potendosi lavorare, proporzionatamente, con maggiore espansione.

La colonna 13 presenta delle cifre diversissime di superficie di riscaldamento per le diverse macchine; ma tutti questi gruppi vengono al pettine nella colonna 18, dalla quale si può tirar la conclusione che con 300 chilog. di macchina si può, e si deve, ricavare un m. q. di quella superficie di riscaldamento che infin dei conti è il cardine, la base, il primo elemento della forza della macchina. Ma da queste cifre ricaviamo altresì che la superficie di riscaldamento non è egualmente efficace, od utilizzata in queste macchine; così, mentre ogni m. q. di tal superficie diede nella macchina di Broelthal cav. 2, 4 di forza, ne produsse da 3,2 a 3,4 nelle macchine del Giappone e di Monteponi: senza questa differenza le cifre delle col. 13 e 18 seguirebbero la stessa proporzione di quelle della col. 17. E quanto alla macchina Fairlie, se la sua disposizione permette evidentemente un ampio sviluppo della superficie riscaldante, vediamo però che essa non è molto efficace producendo cav. 2,7 per ogni m. q. il che avviene, a parer mio, perchè la supercie del focolare è in minor rapporto con quella dei tubi e perchè la metà della caldaia, che lavora all'indietro, non può egualmente godere dei benefici effetti del tiraggio.

Un esempio, poi, dell' influenza della pressione sull' econo-

mia della macchina ce lo presenta il confronto di Monteponi con Tavaux-Ponsericourt: quella pesa meno di questa per cavallo di forza; ed invece pesa qualcosa di più per m. q. di superficie di riscaldamento; il che non può provenire che dalla maggior pressione, e dal susseguente maggior vantaggio d'espansione. La macchina Giapponese poi sta infra queste due.

Mi rimane a dir due parole sui vagoni; è ovvio che essi sono tanto più economici quanto più portano in ragione del loro peso, senza scapito della solidità; ma sulle forti pendenze può convenire di sacrificare un po della solidità, purchè non si ecceda il limite della sicurezza, per ottenere maggior portata.

Io non posso dire quale sia il grado relativo di solidità dei vagoni delle descritte ferrovie; tuttavia se il seguente quadro vuol essere letto coll'ora fatta riserva, può riuscire istruttivo insegnandoci alcuni limiti che si toccarono in pratica con apparente buon successo.

LINEA cui appartengono i vagoni	Larghezza del binario m.	Base delle ruote rigide m.	SISTEMA del vagone	Materiale cassa	Materiale telaio	Peso proprio tonn.	Portata tonn.	PARTICOLARITÀ
Broelthal . . .	0,79	1,50	Scoperto; sponde alte; fondo a doppio piovente, ricoperto di lamiera di ferro.	legno	legno	2,5	5	Molle di trazione e repulsione. Un solo respingente. Ruote con cerchioni di riporto.
Tavaux-Ponséricourt.	1	1,85	Scoperto; sponde alte, freno Stilman.	legno	ferro	(1) 2,1	6	Ruote senza cerchione. Senza molle ai respintori.
Festiniog . . .	0.61	1,25	Scoperto; per ardesie	»	»	0,95	3	Ruote con cerchioni. Un sol respingente.
id.	»	0,94	» »	»	»	0,65	2	
id.	»	1,50	Scoperto: a merci ordinarie.	»	»	0,9	2,5	
Norvegia. . . .	1,067	3,96	Piatto per lunghe travi	»	legno	3,25	5	Respingente unico. Ruote con cerchioni ed anche ruote a disco senza cerchio. Freno a leva.
id.	id.	3,00	id. a bilico.	»	id.	3,00	5	
Id.	id.	3,00	Coperto a merci.	legno	id.	3,7	5	Larghezza esterna 2 metri. Lunghezza id. m. 5,40.
id.	id.	3	Scoperto a sponde basse.	id.	id.	3,5	5	Diametro ruote m. 0,75.
S. Leone	0,80		Scoperto a sponde.	ferro	id.	1,4	3,2 a 4	Freno a vite.
Monteponi . . .	1,00	1,50	Con coperto girevole in ferro.	legno	id.	2 (2)	5	Fondo rivestito di ferro. Freno a vite; ruote con cerchioni, in ferro. Respintori senza molle. Cassa larga m. 1,60.
Novgorod Tchudowa	1,067	2,75	Coperto per merci.	abete	rovere	2,6	6	Il coperchio è con centine di ferro. Ruote con cerchioni. Un sol respingente con molla.
id.	id.	2,75	Scoperto.	id.	id.	2,2	6	
India (Progetto Strachey etc.) .	id.	2,75	Senza molle di sospensione.	legno	legno	2,5	5	Larghezza della cassa m. 1,68.
Ohio-Baltimore .	1,45	3,15	Scoperto per carbone con 8 ruote.	ferro	id.	4,25	10	

(1) Compreso il freno.
(2) Più 196 chilogr. per quelli che hanno il freno.

L'esame delle esposte cifre ci dimostra che il rapporto fra la tara ed il peso utile può anche raggiungere la cifra di 1: 3, che è perfino oltrepassata pella piccola linea di Festiniog. Un rapporto, però, da 1: 2, 5 è sempre ottenibile, e può associarsi con una buona e solida costruzione del vagone. Ma il rapporto da 1: 2 parmi assolutamente troppo scarso per linee di siffatta natura e dovrebbe essere riservato unicamente per le ferrovie principali, ove si viaggia a grande velocità, essendo ovvio che a questa deve essere proporzionale la solidità del veicolo. Invece sulle linee ristrette essendo sempre sottinteso che si viaggia a velocità ridotta ne segue la possibilità di dar ai vagoni minor peso in ragione della portata; ed è in questo solo senso che, spogliato da ogni esagerazione, deve intendersi l'enunciato: che sulle linee ristrette si può ottenere dal vagone maggior effetto utile. La velocità ridotta influisce, dunque, in questo, come in tanti altri casi, a diminuir le spese della costruzione e dell'esercizio.

Il sistema o la forma del vagone dipende dalla natura delle merci da trasportare: la materia della cassa e del treno deve pure farsi dipendere e dalla stessa natura delle merci e dal prezzo relativo del ferro e del legno, e dalla facilità che la località presenta per le riparazioni; però usando ferro anzichè legno è più facile economizzare nel peso.

Quanto alle appendici, esse pure vogliono progettarsi dietro maturo esame delle circostanze: le molle ai respintori possono ommettersi quando si può sperare che il materiale sarà maneggiato con cura; ove le molle sono necessarie, si avrà economia adottando il respingente unico, di cui il tipo Norvegese offre i migliori particolari, dei quali ho dato il disegno nella relazione precedente. Io credo però sempre necessarie le molle di sospensione, e la proposta di abolirle per le linee dell'India parve, ai più, inamissibile.

Le ruote piene, senza cerchioni di riporto, sono convenienti purchè d'acciaio, ma allora costano troppo; quelle in ghisa non hanno fatto, in molti casi, buona prova; quindi si preferisce generalmente farle in ferro con cerchioni di riporto; si spende così un centinaio di lire di più, ma, cogli altri vantaggi, si risparmiano altrettanti chilog. nel peso, il che è di molta importanza per le linee con pendenze sensibili. Inoltre il consumo del ferro è minore, in specie quando la ruota è infrenata, mentre l'attrito è maggiore per le ruote in ghisa, il cui diffetto di elasticità, infine, è cagione di maggior deterioramento alla strada ed al veicolo stesso.

Per poco che si voglia fare un servizio regolare, converrà sempre un freno manovrato a vite da un uomo che sta sopra il carro. Abbiamo visto coll'esempio di Monteponi che un tal freno non importa che un aumento di peso minore di 200 chilog. che cagionarono la spesa di L. 180.

Non entro in molti particolari sulle vetture perchè essi dipendono troppo dalle circostanze locali, e dal grado di comodità che si vuole o si deve far godere al pubblico; tuttavia non debbo affatto passarle sotto silenzio.

A Festiniog, collo scartamento di 0,61, si hanno vetture che pesano tonn. 1, 3 e portano 12 persone di 1ª classe, oppure 14 di 2ª o terza classe, disposte longitudinalmente e a dossi combacianti. Ma ve ne sono altre a sedili trasversali da 3 persone l'uno, larghe, internamente, 1,35, capaci in tutto di 12 persone con una lunghezza di cassa di $2^m,98$, cosicchè ogni persona occupa uno spazio largo 0,45, e lungo $\frac{2,98}{4} = 0,745$: lo scartamento degli assi, in queste vetture, è da $1^m,50$ a 1,65.

In Norvegia sulla linea di Dramman a scartamento di 1,067, e secondo i disegni di cui in questi giorni ricevetti graziosa comunicazione dal più volte lodato signor Phil Ing. capo di quelle ferrovie, l'ultimo modello di vetture *miste* comprende due compartimenti di 1ª e due di 2ª classe; ogni passeggiere di 1ª o 2ª classe occupa una larghezza di $0^m,48$ ed una lunghezza di $0^m,76$; infatti la cassa è larga $1^m,93$ e lunga 6^m internamente; queste vetture montate su 4 ruote di $0^m,80$ di diametro, distanti 3^m d'asse in asse, pesano tonn. 5,45; però ve ne sono altre che pesano sole tonn. 4,6. Si hanno poi altre vetture per 32 posti, tutti di 2ª classe, che pesano solo tonn. 3,9 ed hanno la cassa delle stesse dimensioni sovra notate.

Per Monteponi, e trattandosi di uno esperimento, io feci fare una vettura con 12 posti di 1ª classe disposti a salone, cioè tutto all'ingiro del perimetro interno, e senza divisioni: alcuni dei posti occupano uno spazio di $0^m,60$ in larghezza, e $0^m,75$ in lunghezza; altri sono larghi solo $0^m,50$ e lunghi $0^m,95$; la cassa misura, in tutto, $4^m,30$ in lunghezza ed $1^m,50$ in larghezza, essendo di m. 2 lo scartamento degli assi e di m. 1 quello del binario. Si fece anche una vettura mista di 2ª e 3ª classe; ogni posto occupa una larghezza di $0^m,50$; la lunghezza è di $0^m,80$ pei posti di 2ª classe, e di $0^m,675$ per quelli di 3ª classe.

Vediamo da questi dati che a Festiniog si eccedette, nella larghezza delle vetture, il limite usuale, che sarebbe del dop-

pio della larghezza del binario; ma vuolsi riflettere al peso delle rotaie di quella linea, che è molto elevato, ed alla di cui determinazione non deve essere stata estranea nemmeno la larghezza dei veicoli che tende a crescere il braccio di leva col quale le oscillazioni agiscono sulle rotaie. A Monteponi invece la larghezza è forse troppo moderata, ciò che avvenne per circostanze indipendenti dalla volontà di chi fece il progetto.

E qui pongo termine proponendomi, nel limite dei miei mezzi, di continuare a tener d' occhio i progressi, che su questa materia si andranno sviluppando in ogni parte del mondo, per tenerne ragguagliato il Ministero, facendone, quando sia il caso, oggetto di ulteriori relazioni. Prego però il cortese lettore a non cercare, in questi scritti, qual sia l'*opinione* mia; se qualche dato, o qualche deduzione od apprezzamento può esser soggetto di controversia, a questa non intendo sfuggire; ma allorchè, come in una recente occasione, vedo distintissimi Ingeneri, impegnati in polemica resa pubblica per la stampa, entrambi colla mia precedente relazione alla mano, dirmi, l'uno *fautore*, l'altro *oppositore* delle ferrovie economiche o ristrette io mi domando: a qual prò simile discussione? forse che le opinioni nostre valgono a cancellare i fatti? Io ho procurato di esporre dei *fatti*, dai quali risultano nel modo il più positivo gli svantaggi, e le economie che sono conseguenza della riduzione del binario; tali e tante, però, sono le circostanze influenti sull'argomento, che è impossibile redigere una formola, che tutte le comprenda e dalla cui risoluzione emerga il partito migliore. La mia opinione in proposito è così trita ed elementare che quasi arrossisco a metterla in carta; « io seguo lo scartamento ridotto tutta volta che, ogni cosa ben considerata, esso mi dà un vantaggio su quello normale »; il difficile consiste nel trovare, nei casi concreti, se questo vantaggio vi sia, o meno; ed è a facilitar questo studio che raccolgo, e vado esponendo e commentando informazioni, alle quali io stesso poi, nell' occasione, ricorro.

Firenze, agosto 1871.

SOMMARIO

Introduzione. . . . . *Pag.* 3

§ I. Ferrovia di Broelthal; strada, materiale mobile; risultato finanziario; relative prescrizioni del Governo Prussiano . . . . . » 4

§ II. Ferrovia di Tallylin; strada e locomotive; locomotiva di Dinorwic; locomotiva di Buscot Park . . . . » 11

§ III. Ferrovia di Tavaux-Ponséricourt; strada e materiale mobile; considerazioni generali; spese di trasbordo delle merci. . . . . » 13

§ IV. Ferrovia di Festiniog; ragguagli sulla macchina Fairlie; risultati degli ultimi esercizii; tariffe; locomotiva di Blaenau. . . » 17

§ V. Ferrovie Scandinave; nuove locomotive Norvegesi; ultimi risultati delle linee ristrette di Svezia; nuovi progetti. . . . . . . » 20

§ VI. Ferrovia di montagna Ungherese; nuovo sistema di costruzione; esercizio . . . . » 23

§ VII. Ferrovie elevate; linea eseguita a Nuova York; progetti Humphrey, e Fell . . . » 24

§ VIII. Ferrovie sospese; sistema Hodgson; linea di Brighton; costo d'impianto; linee di Vallanzasca; applicazione del sistema alle miniere di carbone . . . . » 26

§ IX. Ferrovia di S. Leone; strada e materiale mobile; questione delle contropendenze. . » 32

§ X. Ferrovia di Monteponi; locomotive e vagoni. » 33

§ XI. Ferrovia da Anversa a Gand; ultimi risultati d'esercizio; spese del trasbordo. . . » 36

§ XII Ferrovie monoguide; applicazione del sistema Larmenjat a Lisbona . . . . » 37

§ XIII. Ferrovie ad ingranaggio; linea del Righi; linee ad aderenza artificiale. . . . . . » 38

§ XIV. Ferrovie ristrette in Russia; vagoni . . . » 40

§ XV. Id. Id. in America; locomotiva di Tongoy; linee del Canadà; ferrovie nell'isola Principe Edoardo; linee negli Stati Uniti; strade a rotaie in legno . . . . » ivi

Id. Ferrovia da Denver al Rio grande; locomotive . . . . » 43

§ XVI. Ferrovie del Giappone: operazione finanziaria; locomotive . . . . » 44
§ XVII. Ferrovie ridotte in Australia; ferrovie di Quensland; resistenza alla trazione sui binari ristretti; ferrovie a scartamento normale nella Nuova Galles, e nello Stato di Victoria; ferrovie ridotte in quest' ultima colonia . . . . » 45
Id. Progetti Mais per linee ridotte . . . . . » 48
Id. Locomotiva per linee ridotte nell' Australia Occidentale . . . . » 50
Id. Ferrovie nella nuova Zelanda . . . . . » 51
Id. Id. nell'isola di Tasmania . . . . . » ivi
§ XVIII. Ferrovie ristrette nelle Indie; risultato delle ferrovie normali esistenti; economie introdotte senza ridurre lo scartamento; rapporti Strachey e C., e Fowler sulla riduzione dello scartamento . . . . » 52
Id. Ferrovie private; rapporti Hawkshaw, e Bidder . . . . » 61
§ XIX. Ferrovie dell' Eufrate; via dall' Inghilterra all' India. . . . . » 65
Id. Progetti nel Canadà, in California, a Costa Ricca, in Egitto; ferrovia del Duca di Buckingham . . . . » 68
Id. Ferrovie di Rivoli e di Varallo. . . . . » 69
Id. Vagoni a carbone sulla linea dell'Ohio . . » 70
Id. Restringimento di binario eseguito in America . . . . » 71
§ XX. Riassunto e conclusioni; ultimi risultati delle ferrovie Norvegesi. . . . . » ivi
Id. Ragioni a favore dello scartamento ridotto, ed elementi d'economia . . . . » 72
Id. Quadro comparativo della costruzione e dell'esercizio di parecchie linee. » 76
Id. Id. Id. di diverse locomotive . . . » 80
Id. Id. Id. dei vagoni . . . . » 85
Id. Cenno sulle vetture . . . . » 87
Id. Avvertenza finale . . . . » 88